

Zila Rinaldi

**INDIVIDUAZIONE DELLE CARATTERISTICHE SPETTRALI
DI ACCELEROGRAMMI NATURALI ITALIANI
E SELEZIONE DI REGISTRAZIONI COMPATIBILI
CON GLI SPETTRI DI NORMATIVA**

CUEN

*Ad Aurelio Gherzi e Bruno Calderoni
che con la loro costante guida
ed i loro insegnamenti
hanno reso possibile questo lavoro*

INTRODUZIONE

Uno degli obiettivi fondamentali dell'ingegneria sismica è il raggiungimento di una adeguata rappresentazione della risposta strutturale ai terremoti. La determinazione "esatta" delle sollecitazioni e deformazioni è ottenibile con una certa facilità soltanto per uno schema strutturale a comportamento linearmente elastico, soggetto ad un assegnato accelerogramma. Una tale analisi è senz'altro utile per comprendere "a posteriori" il comportamento della struttura dopo il verificarsi di un evento sismico. Non è invece sufficiente in fase di progetto, quando l'evento sismico non è ancora avvenuto e non è quindi disponibile la sua registrazione. Tuttavia l'analisi statistica degli eventi occorsi in ciascun sito, dei quali esistono precise registrazioni effettuate negli ultimi decenni e notizie storiche risalenti a molti secoli, consente di definire uno spettro di risposta elastico che fornisce il valore dell'accelerazione che ha un'assegnata probabilità di essere superato in un definito arco di tempo. In particolare l'Eurocodice 8 richiede che venga individuato uno spettro con probabilità di superamento del 50% in 475 anni (che equivale ad una possibilità di superamento del 10% in 50 anni). Una struttura progettata in campo elastico mediante analisi modale, utilizzando il suddetto spettro, avrebbe pertanto una probabilità di plasticizzarsi nella sezione più sollecitata non superiore a tali valori.

È però ben noto che progettare una struttura richiedendo che essa rimanga in campo elastico per terremoti così violenti è notevolmente oneroso e non è proponibile economicamente. Si accettano quindi forti escursioni in campo plastico, che dissipano l'energia trasmessa dal moto del terreno alla struttura. Si supplisce cioè alla limitata resistenza con la duttilità (capacità di deformarsi in campo plastico senza giungere alla rottura). Questo problema è stato approfonditamente studiato per schemi a un grado di libertà, giungendo alla definizione di spettri di progetto ad assegnata duttilità o ad assegnata capacità dissipativa. Diverse sono state, nel corso dei tempi, le procedure proposte miranti a raggiungere tale obiettivo; basti citare la classica di Newmark-Hall, le più recenti "relazioni di attenuazione" e quelle basate su metodi energetici, facenti capo agli insegnamenti di Housner¹.

L'estensione dei risultati ottenuti per oscillatori semplici a schemi reali a molte iperstatiche non è immediata, data la complessità dei fattori associati al fenomeno sismico, alle caratteristiche dinamiche ed al comportamento non lineare delle strutture, ovvero al modo in cui esse immagazzinano e rilasciano energia. La risposta di uno schema strutturale a comportamento elastoplastico ad un assegnato accelerogramma è ancora valutabile mediante un'analisi al passo, anche se con un onere computazionale maggiore che nel caso di schemi linearmente elastici. I risultati ottenuti sono però, ancor più che nel caso elastico, strettamente legati all'accelerogramma utilizzato. Nasce dunque l'esigenza di far riferimento non a un singolo terremoto ma ad un insieme di registrazioni sismiche, statisticamente rappresentative in termini di accelerazione ed energia di un evento che abbia la voluta probabilità di occorrenza in un definito arco di tempo. La scelta dovrebbe essere effettuata nell'ambito di terremoti violenti avvenuti in un'assegnata zona, ma ciò fornirebbe un numero di registrazioni troppo basso, non adeguato per analisi statistiche. Occorre pertanto far riferimento a dati raccolti in zone molto ampie, purché si controlli l'omogeneità dei siti (che si riflette principalmente sulla forma degli spettri di risposta elastici), ed eventualmente includere eventi più deboli, opportunamente scalati per renderli comparabili a quelli più violenti. In alternativa, è possibile generare artificialmente accelerogrammi corrispondenti ad un assegnato spettro di risposta elastico, purché se ne controlli adeguatamente il contenuto energetico.

In questo studio si è seguita la prima possibilità, esaminando una serie di sismi reali registrati in Italia dagli accelerografi della rete Enea-Enel. Per ciascuno di essi si sono ricavati gli spettri di risposta elastici in termini di spostamento, velocità, accelerazione ed energia. Gli accelerogrammi sono quindi stati raggruppati in base alle caratteristiche dello spettro ed analizzati statisticamente per valutarne la coerenza con gli spettri di risposta proposti dalla normativa europea, selezionando infine un insieme di 30 registrazioni. Si è inoltre valutata l'opportunità di scalare i valori di accelerazione, in modo da ridurre la dispersione delle ordinate spettrali.

1. REGISTRAZIONI SISMICHE STORICHE

L'ingegneria sismica ha subito negli ultimi decenni un notevole sviluppo. I gravi danni registrati in seguito a sismi violenti hanno stimolato studiosi alla ricerca di nuovi criteri di progettazione per la salvaguardia delle strutture e la simulazione del fenomeno sismico nella modellazione è diventata indispensabile. Per perseguire tale scopo è necessario avere a disposizione un gruppo rappresentativo dell'insieme degli spettri di risposta ricavati da tutte le registrazioni sismiche; anzi, più correttamente, per il dimensionamento di una struttura in un sito specifico sarebbero necessari due gruppi di accelerogrammi, corrispondenti a terremoti storici con breve e lungo periodo di ritorno, legati rispettivamente alla verifica dello stato limite di esercizio, ovvero allo stadio di prima plasticizzazione, ed allo stato limite ultimo, cioè allo stadio di collasso. A tal fine è stata esaminata una serie di accelerogrammi relativi a sismi registrati in Italia negli ultimi venti anni e raccolti nella banca dati Enea-Enel.

La rete accelerometrica italiana è nata nel 1973, quando l'Enel ne cominciò l'installazione, completata poi nel 1976, distribuita su tutto il territorio nazionale ad esclusione della Sardegna. L'ubicazione delle postazioni di rilevamento fu fatta in base ad una analisi dei terremoti storici italiani, tendente ad individuare le localizzazioni in corrispondenza delle quali si sarebbero potuti registrare, nel futuro, il maggior numero di terremoti con intensità superiore al VI grado della scala Mercalli Modificata. Dal 1976 ad oggi, in occasione di eventi sismici significativi che vengono a colpire una particolare regione, la rete viene temporaneamente integrata con delle stazioni di rilevamento mobile.

La maggior parte delle registrazioni è stata ottenuta su film fotografico da strumenti di tipo analogico con digitalizzatore manuale oppure, a partire dal 1983, automatica (SMA-1 Kinematics e più raramente RFT-250 Teledyn), e pochissime su cassetta magnetica da strumenti a registrazione digitale di più recente installazione (Kinematics DSA-1). L'accelerografo analogico non consente di ottenere gli stessi risultati di quello digitale per la presenza di errori legati allo strumento e alle procedure di digitalizzazione. L'incidenza di tali fattori è legata al contenuto in frequenza del sisma; agli alti periodi si risente soprattutto delle distorsioni dovute ai seguenti fattori:

- meccanismo di trascinamento della pellicola nell'accelerografo;
- invecchiamento della pellicola e processo di sviluppo a contatto;
- ingrandimento fotografico della registrazione;
- sistema elettromeccanico del tavolo di digitalizzazione (nel caso manuale).

Le alte frequenze, invece, sono maggiormente affette da:

- distorsioni in ampiezza e fase associate alla funzione di trasferimento dell'accelerografo;
- distorsioni associate alle imperfezioni del trasduttore dell'accelerografo;
- errori causati dall'operatore durante la digitalizzazione;
- errori causati dall'inadeguatezza del potere risolvente del tavolo digitalizzatore.

1.1 Processamento degli accelerogrammi

Scopo del processamento degli accelerogrammi, una volta digitalizzati, è quello di ottenere accelerazione, velocità e spostamento del suolo durante il terremoto e, parte più delicata, eliminare le parti del segnale che non possono essere attribuite all'evento sismico.

La prima fase consiste nel convertire i dati digitalizzati nelle unità di misura proprie, ossia nel trasformare la scala delle ascisse in secondi e quella delle ordinate, nel caso di registrazioni Enea-Enel, in $g/10$ e quindi sottrarre, per definiti passi temporali, il valor medio. Si definisce inoltre la *traccia fissa* come posizione della linea di accelerazione pari a zero.

Si può quindi procedere con la seconda parte della tecnica che mira ad eliminare quei fattori di distorsione che concorrono ad alterare la posizione della traccia fissa e provocare errori, non

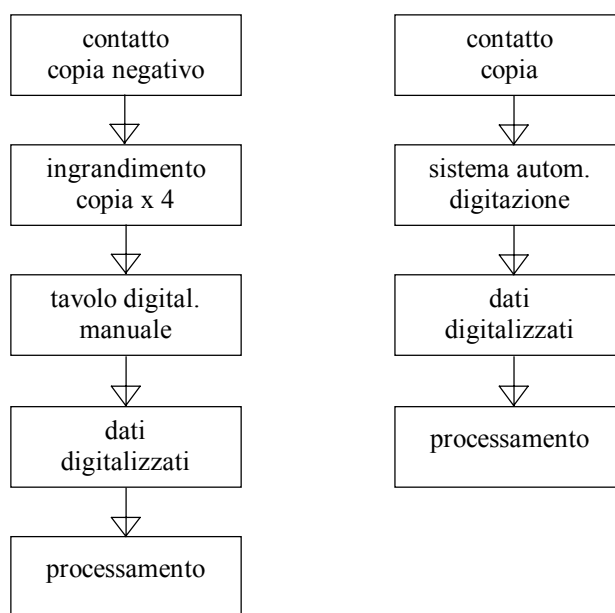


Fig. 1.1 - Digitalizzazione di accelerogrammi registrati su film fotografico

rilevanti in termini di accelerazione, ma non trascurabili per la velocità e notevoli per gli spostamenti. Poiché le distorsioni, dette più propriamente "rumore", possono considerarsi come delle frequenze proprie del sisma, la tecnica è quella di utilizzare le trasformate di Fourier della traccia fissa come rappresentativa di tutto il disturbo del segnale. L'eliminazione delle frequenze indesiderate avviene tramite filtri ed algoritmi di correzione nel dominio delle frequenze e del tempo. Dal rapporto tra la trasformata di Fourier del sisma e della relativa traccia fissa si ritiene che il rumore sia proprio della frequenza corrispondente a 10 dB.

Il diagramma di flusso illustrato in figura 1.1 mostra le singole fasi dell'intero processo di correzione dei dati. Nelle analisi svolte, per la difficoltà di reperimento di accelerogrammi corretti, si è fatto riferimento a registrazioni non corrette anche se le distorsioni, in genere non apprezzabili per le accelerazioni, potrebbero farsi risentire alle basse frequenze.

1.2 Caratteristiche delle registrazioni accelerometriche italiane

La prima necessaria operazione da eseguire per perseguire l'obiettivo proposto è naturalmente legata alla selezione di una serie di sismi significativi ad all'analisi delle relative caratteristiche. A tal fine si è fatto riferimento alla banca dati Enea-Enel che raccoglie le registrazioni accelerometriche italiane degli ultimi vent'anni. Le accelerazioni sono disponibili su files e sono corredate da una "scheda" iniziale (figura 1.2) contenente alcune informazioni relative al sisma, al sito ed agli strumenti utilizzati.

Nella prima parte sono riportate le caratteristiche del terremoto in oggetto. Questo è identificato da una sigla numerica, cui fa seguito un nome di riferimento relativo alla regione o all'area geografica, dalla data e dall'ora in cui si è verificato il fenomeno. Seguono le informazioni relative alle caratteristiche sismologiche:

- magnitudo dell'evento (ML, MS, MB);
- intensità macrosismica all'epicentro: massima intensità macrosismica osservata all'epicentro;
- profondità dell'evento;
- coordinate dell'epicentro macrosismico: l'epicentro macrosismico è definito come baricentro dell'isolinea di maggior danneggiamento.

```

ENEA PAS/ISP/INGSITI
00032 FRIULI EARTHQUAKE                      DATE=76 05 06    TIME=20 00 13
MAGNITUDE=6.2 ML /I00/ 6.4 ML /O00/ 6.5 MS /N00/ 6.0 MB /N00/ 6.3 MM /I00/
EPICENTRAL MACRO INTENSITY=09.5 MCS  /P00/
DEPTH=006 KM /V02/                          EPICENTRAL DISTANCE=040.7 KM
SUGGESTED FAULT MECHANISM=(-9)
EPICENTRAL COORD.=46 16N    13 15E /V01/
-----
RECORDED AT CODROIPO
COORD.=45 57 32N    12 59 03E    LOCAL MACROSEISMIC INTENS.=07.0 MSK  /O01/
INSTALLATION CODE=-9    SITE CODE= 2 /601/    GEOTECHNICAL PROFILE=-9
-----
RECORDING INSTRUMENT=T0065    TELEDYNE RFT-250
SENSITIVITY=.191E+00 CM/(G/10)    NATURAL FREQ.=21.60 HZ    DAMPING=.520
-----
COMP=NS    NOT POSITIONED AT THE MINIMUM OF RMS    NO FTFC SUBTRACTED
AUTOM. DIG. FIX SAMPL. TIME    UNCORRECTED ACCELERATION    POINTS=17749

UNITS ARE G/10                                (PGM S2V4 AT 8.44.20 ON 30 APR 91)
SAMPLING TIME =0.00244 SEC    PGA= -0.664 G/10    T(PGA)= 12.160 SEC
TOTAL DURATION= 43.270 SEC    RMS= 0.149 G/10    IN.PNT= 44

```

Fig. 1.2 - Esempio di scheda iniziale di un file contenente un accelerogramma registrato dalla rete Italiana

La magnitudo, quando risulta possibile, può essere registrata in tre differenti maniere:

- magnitudo locale (ML) è ottenuta dalle registrazioni degli strumenti Wood-Ander-son, ed è l'unico parametro sempre disponibile; può però presentare saturazione per valori superiori a 6;
- magnitudo da dati telesismici (MB) è determinata su onde di volume registrate da strumenti a medio e corto periodo. È un parametro che fornisce indicazioni relative alla prima rottura di faglia e quindi sotto-estima i fenomeni di scosse multiple e rotture progressive;
- magnitudo da dati telesismici (MS) è determinata su onde superficiali registrate da strumenti a lungo periodo. Quando disponibile, è il parametro che meglio caratterizza l'evento in esame. Per basse magnitu- do, secondo alcuni autori è confrontabile con la ML.

È poi indicata la stazione di rilevamento, caratterizzata dal nome, dalle coordinate geografiche e da vari parametri relativi alla posizione dello strumento ed alle caratteristiche geologiche del sito; compare inoltre una ulteriore misura di intensità macrosismica, relativa allo strumento anziché all'epicentro. Il codice indicato come "installation code" definisce il tipo di installazio- ne dello strumento; in particolare: il valore 0 indica campo libero, il valore 1 si riferisce alle fondazioni, 2 ai piani superiori di una struttura. Indicazioni sulle caratteristiche litologiche sono fornite dal "site code" e dal "geotechnical profile". Il primo assume valori 0, 1, 2, per terreni rocciosi, alluvionali con profondità minori di 20 metri ed alluvionali con profondità maggiori di 20 metri, rispettivamente, mentre il secondo rivela se sono state eseguite misure per la de- terminazione della velocità delle onde sismiche P ed S, in corrispondenza della stazione.

Seguono dati relativi allo strumento di registrazione ed alle sue caratteristiche, quali sensiti- vità, frequenza e smorzamento.

Nella parte finale della scheda vengono riportate alcune caratteristiche della componente del sisma in oggetto e viene indicato se è stato eseguito o meno, un processo di correzione. In particolare vengono forniti il numero di punti registrati, il passo temporale di registrazione, il picco d'accelerazione (peak ground acceleration, ovvero PGA), l'istante in cui si è verificato e la durata totale della registrazione.

2. SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI

Lo studio delle caratteristiche dei sismi verificatisi e l'analisi di tutti i dati che è possibile ricavare dalle registrazioni accelerometriche rappresentano solo il primo aspetto del problema sismico; noto, infatti, il fenomeno risulta fondamentale conoscere il suo effetto sulle strutture. A tal fine, uno dei metodi più utilizzati per la sua relativa semplicità ed efficacia è lo studio della risposta di un oscillatore semplice alla sollecitazione fornita dal terremoto, che consente di ottenere ulteriori informazioni sulla natura del sisma, difficilmente estrapolabili dall'accelerogramma e, soprattutto, fornisce utili risultati applicabili, mediante opportune procedure, anche a sistemi a più gradi di libertà.

2.1 Spettri di risposta elastici in termini di accelerazione

L'equazione del moto per un sistema ad un sol grado di libertà, dotato di massa m , di rigidezza k e smorzamento c , può essere espressa nella forma:

$$m \ddot{x}(t) + c \dot{x}(t) + k x(t) = -m \ddot{x}_s \quad (1)$$

essendo x lo spostamento relativo ed x_s lo spostamento del suolo, come illustrato in figura 2.1.

La risoluzione in forma chiusa risulta praticamente impossibile, data la forma della funzione $\ddot{x}_s(t)$ legata al sisma. È possibile considerare l'evento sismico come sovrapposizione di impulsi, l'effetto di ciascuno dei quali può essere valutato mediante l'integrale Duhamel, ma è più agevole l'utilizzo di specifici metodi numerici di integrazione.

In questo lavoro si è utilizzato il procedimento di Newmark che fornisce la soluzione del problema dell'equilibrio dinamico per incrementi di tempo finiti e si basa sull'ipotesi che l'accelerazione $\ddot{x}(t)$ vari con legge lineare nel generico intervallo di tempo, ossia che gli spostamenti possano essere rappresentati da una cubica. Si può allora scrivere:

$$\ddot{x}(t+\Delta t) = \ddot{x}(t) + \Delta t \ddot{\ddot{x}}(t) \quad (2)$$

$$\dot{x}(t+\Delta t) = \dot{x}(t) + \Delta t \ddot{x}(t) + \frac{\Delta t^2}{2} \ddot{\ddot{x}}(t) \quad (3)$$

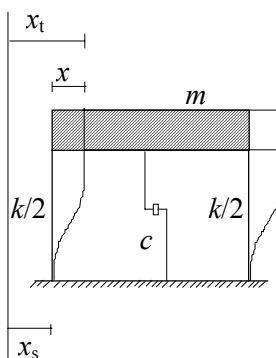


Fig. 2.1 - Modello ad un grado di libertà

$$x(t+\Delta t) = x(t) + \Delta t \dot{x}(t) + \frac{\Delta t^2}{2} \ddot{x}(t) + \frac{\Delta t^3}{6} \ddot{\ddot{x}}(t) \quad (4)$$

Noti al generico istante t , per esempio quello iniziale, l'accelerazione $\ddot{x}_1(t)$, la velocità $\dot{x}_1(t)$ e lo spostamento $x_1(t)$, le grandezze incognite al tempo $t + \Delta t$ possono ricavarsi seguendo i seguenti passi:

- si fissa un valore di tentativo \ddot{x}_2 dell'accelerazione al tempo $t + \Delta t$;
- si determina il valore della variazione di accelerazione, utilizzando l'espressione (2)

$$\ddot{\ddot{x}} = \frac{\ddot{x}_2 - \ddot{x}_1}{\Delta t} \quad (5)$$

- si calcola la velocità \dot{x}_2 al tempo $t + \Delta t$, utilizzando le espressioni (3) e (5)

$$\dot{x}_2 = \dot{x}_1 + \frac{\Delta t}{2} \ddot{x}_1 + \frac{\Delta t}{2} \ddot{x}_2 \quad (6)$$

- si calcola lo spostamento x_2 al tempo $t + \Delta t$, utilizzando le espressioni (4) e (5)

$$x_2 = x_1 + \Delta t \dot{x}_1 + \frac{\Delta t^2}{3} \ddot{x}_1 + \frac{\Delta t^2}{6} \ddot{x}_2 \quad (7)$$

- si ricava quindi un nuovo valore dell'accelerazione \ddot{x}_2 : applicando la (1) all'istante $t + \Delta t$, utilizzando i valori forniti da (6) e (7) e ricordando che $k = \omega^2 m$ e $c = 2 \xi \omega m$ (essendo ω la pulsazione e ξ il fattore di smorzamento, cioè il rapporto tra smorzamento e smorzamento critico) si ha

$$\ddot{x}_2 = -\ddot{x}_s - 2 \xi \omega \left(\dot{x}_1 + \frac{\Delta t}{2} \ddot{x}_1 \right) - 2 \xi \omega \frac{\Delta t}{2} \ddot{x}_2 - \omega^2 \left(x_1 + \Delta t \dot{x}_1 + \frac{\Delta t^2}{3} \ddot{x}_1 \right) - \frac{\Delta t^2}{6} \omega^2 \ddot{x}_2$$

e quindi, ricordando che la reazione elastica all'istante t è espressa da

$$R_1 = -k x_1 = -m \omega^2 x_1$$

si ha

$$\ddot{x}_2 = \frac{-\ddot{x}_s + \frac{R_1}{m} - (2 \xi \omega + \omega^2 \Delta t) \dot{x}_1 - \left(\xi \omega + \omega^2 \frac{\Delta t}{3} \right) \Delta t \ddot{x}_1}{1 + \xi \omega \Delta t + \omega^2 \frac{\Delta t^2}{6}} \quad (8)$$

Questa espressione vale anche nel caso di oscillatore semplice elastoplastico, purché in essa R_1 sia il valore della reazione (non più elastica) all'istante t . Noto il valore di secondo tentativo dell'accelerazione \ddot{x}_2 si può iterare il procedimento ripetendo i passi innanzi elencati, finché i valori di \ddot{x}_2 ottenuti in due successive iterazioni risultano praticamente coincidenti.

Nelle successive elaborazioni si è scelto un passo temporale Δt pari a 0.01 s e si sono studiate le risposte di 53 oscillatori con periodi T variabili da 0.02 s a 3 s. La precisione della soluzione è notevole se si considera che per un Δt pari a $T/20$ si ha un errore minore dell'1%. Ottenuto per ogni periodo l'andamento delle accelerazioni nel tempo, si considerano i valori massimi di queste, indipendentemente dall'istante in cui si sono verificate, e si ottiene il legame tra accelerazione massima e periodo, cioè lo spettro di risposta elastico in termini di accelerazione.

2.2 Spettri di risposta elastici in termini di energie

Per la grande diffusione, nella progettazione sismica, del metodo degli spettri di risposta in termini di accelerazione, spesso si identifica la distruttività di un terremoto con il suo picco di accelerazione, mentre la durata dell'evento e il suo contenuto energetico sono completamente

trascurati. In realtà numerosi studi dimostrano che questo fattore da solo non basta a descrivere gli effetti del sisma sulla struttura, in quanto una accelerazione massima elevatissima può corrispondere ad un unico picco di breve durata con impulso alquanto ristretto. Basta citare, come esempio, la registrazione di Ancona che pur possedendo un $PGA=0.6$ g, avendo un contenuto energetico molto basso, non ha provocato gravi danni alle strutture.

Risulta allora importante correlare il sisma alla sua energia per ottenere ulteriori informazioni per poter meglio stimare gli effetti sulle strutture. Questa "filosofia" fu suggerita nel 1956 da Housner¹ e recentemente è stata ripresa da diversi autori^{4, 8}. Il problema della risposta ad un dato accelerogramma è rivisto in termini energetici e non più in quelli di spostamento; la novità consiste, cioè, nel riscrivere le equazioni del moto per un sistema ad un sol grado di libertà considerandole come bilancio energetico. Tutto ciò può essere svolto in due modi, ossia esprimendo l'energia cinetica in termini assoluti o relativi.

2.2.1 Calcolo dell'energia di ingresso in termini assoluti

Detta $R(x)$ la forza di richiamo, elastica o non elastica e quindi non necessariamente proporzionale allo spostamento x , ed essendo $\ddot{x} + \ddot{x}_s = \ddot{x}_t$ l'equazione del moto (1) si può riscrivere come

$$m \ddot{x}_t + c \dot{x} - R(x) = 0 \quad (9)$$

Se si prende in esame il caso elastico lineare e quindi si sostituisce a $R(x)$ la funzione $-kx$, moltiplicando ogni termine per $d\dot{x} = \dot{x} dt$ ed integrando fra l'inizio del terremoto e il generico istante t si ottiene

$$\int_0^t m \ddot{x}_t \dot{x} dt + \int_0^t c \dot{x}^2 dt + \int_0^t k x \dot{x} dt = 0 \quad (10)$$

Ricordando che $\dot{x} + \dot{x}_s = \dot{x}_t$ il primo integrale della (10) si può scrivere

$$\int_0^t m \ddot{x}_t (\dot{x}_t - \dot{x}_s) dt = \int_0^t m \dot{x}_t d\dot{x}_t - \int_0^t m \ddot{x}_t \dot{x}_s dt = \frac{1}{2} m \dot{x}_t^2 - \int_0^t m \ddot{x}_t dx_s \quad (11)$$

e si ha in definitiva

$$\int_0^t m \ddot{x}_t dx_s = \frac{1}{2} m \dot{x}_t^2 + \int_0^t c \dot{x}^2 dt + \int_0^t k x \dot{x} dt \quad (12)$$

Ponendo

$$E_I(t) = \int_0^t m \ddot{x}_t dx_s \quad \text{energia di ingresso assoluta}$$

$$E_k(t) = \frac{1}{2} m \dot{x}_t^2 \quad \text{energia cinetica totale}$$

$$E_\xi(t) = \int_0^t c \dot{x}^2 dt \quad \text{energia dissipata dallo smorzatore viscoso}$$

$$E_A(t) = \int_0^t k x \dot{x} dt \quad \text{energia assorbita dalla forza di richiamo elastica}$$

si ottiene l'equazione di bilancio energetico

$$E_I(t) = E_k(t) + E_\xi(t) + E_A(t) \quad (13)$$

Il termine "energia di ingresso assoluta" trova la sua spiegazione nell'interpretazione fisica: $m \ddot{x}_t$ rappresenta la forza di inerzia applicata alla struttura e trasmessa in fondazione, pari alla

somma della forza di richiamo elastico e di quella viscosa, e quindi nell'espressione dell'energia compie lavoro per lo spostamento alla base.

Nel caso più generale l'energia E_A può esprimersi come

$$E_A(t) = -\int_0^t R(x) \dot{x} dt$$

e si può dividere nelle due aliquote energia elastica di deformazione $E_S(t)$ ed energia di isteresi $E_H(t)$, essendo

$$E_S(t) = \frac{R^2}{2k} \quad \text{con } k = \text{rigidezza della curva } R\text{-}x \text{ allo scarico}$$

ottenendo in definitiva

$$E_I(t) = E_k(t) + E_\xi(t) + E_S(t) + E_H(t) \quad (14)$$

Al cessare dell'azione sismica si verificano, nelle strutture, delle oscillazioni libere di ampiezza decrescente nel tempo. Si può quindi determinare l'istante $t_q > t_d$, essendo quest'ultimo pari alla durata del terremoto, in cui si ripristina la condizione di quiete. Si avrà allora

$$E_k(t_q) = E_S(t_q) = 0$$

e

$$E_I(t_q) = E_\xi(t_q) + E_H(t_q)$$

con

$$E_I(t_q) = E_I(t_d)$$

2.2.2 Calcolo dell'energia di ingresso in termini relativi

In alternativa, l'equazione del moto può essere scritta tenendo separati il termine inerziale e quello dovuto all'azione esterna

$$m \ddot{x}(t) + c \dot{x}(t) - R(x) = -m \ddot{x}_s \quad (15)$$

Moltiplicando per $\dot{x} dt$ ed integrando tra l'istante iniziale e quello finale del sisma si ottiene

$$\int_0^t m \ddot{x} \dot{x} dt + \int_0^t c \dot{x}^2 dt - \int_0^t R(x) \dot{x} dt = -\int_0^t m \ddot{x}_s \dot{x} dt \quad (16)$$

ovvero

$$\int_0^t m \dot{x} d\dot{x} + \int_0^t c \dot{x}^2 dt - \int_0^t R(x) \dot{x} dt = -\int_0^t m \ddot{x}_s dx \quad (17)$$

e quindi formalmente si ritrova la stessa equazione di bilancio:

$$E'_I(t) = E'_k(t) + E'_\xi(t) + E'_A(t) \quad (18)$$

avendo però posto

$$E'_I(t) = -\int_0^t m \ddot{x}_s dx \quad \text{energia di ingresso relativa}$$

$$E'_k(t) = \frac{1}{2} m \dot{x}^2 \quad \text{energia cinetica relativa}$$

$$E'_\xi(t) = \int_0^t c \dot{x}^2 dt \quad \text{energia dissipata dallo smorzatore viscoso}$$

$$E_A(t) = -\int_0^t R(x) \dot{x} dt \quad \text{energia assorbita dalla forza di richiamo elastica}$$

L'energia di ingresso relativa è quindi definita come lavoro svolto dalla forza esterna per lo spostamento relativo della massa rispetto alla base, trascurando l'effetto del moto rigido della struttura.

2.2.3 Confronto tra spettri in termini di energia assoluta e relativa

Per una corretta definizione degli spettri è indispensabile esaminare le differenze che intercorrono tra le due diverse definizioni energetiche date precedentemente, ben chiare se si considerano i casi limite di strutture infinitamente deformabili e infinitamente rigide soggette all'azione del sisma. Nel campo degli alti periodi risulta ben approssimato il considerare lo spostamento relativo della massa pari all'opposto di quello del suolo:

$$x = -x_s$$

e quindi

$$x_t = x + x_s = 0 \quad \ddot{x}_t = 0$$

Considerando l'energia di ingresso in termini assoluti otteniamo

$$E_I = \int_0^t m \ddot{x}_t dx_s = 0$$

mentre utilizzando l'energia relativa

$$E'_I = -\int_0^t m \ddot{x}_s dx = -\int_0^t m \ddot{x}_s (-dx_s) = \frac{1}{2} m \dot{x}_s^2$$

Nel campo dei bassi periodi possiamo assumere

$$x_t = x_s$$

e quindi

$$x = 0 \quad \ddot{x}_t = \ddot{x}_s$$

Si ha in questo caso

$$E_I = \int_0^t m \ddot{x}_t dx_s = \frac{1}{2} m \dot{x}_s^2$$

mentre

$$E'_I = -\int_0^t m \ddot{x}_s dx = 0$$

Dall'esame di questi semplici casi limite possiamo osservare che per strutture molto deformabili l'energia di ingresso assoluta è minore di quella relativa e poiché le energie viscosa e di isteresi sono invarianti, l'energia cinetica assoluta risulta minore di quella relativa. La situazione opposta si presenta per strutture particolarmente rigide.

Nella definizione degli spettri di risposta deve essere allora specificato l'istante cui ci si riferisce, in quanto l'energia valutata al termine del sisma risulta essere la massima nella maggioranza dei casi e per qualsiasi periodo solo se si considerano energie assolute. Nel caso di energia di ingresso relativa abbiamo infatti trovato, e l'esperienza lo dimostra, che si possono raggiungere picchi di energia cinetica prima della fine del sisma.

Nel seguito il discorso è stato sviluppato in termini relativi, ricavando quindi l'energia di ingresso massima, che non si verifica necessariamente all'istante finale del sisma, per ognuno dei 53 periodi già utilizzati per la definizioni degli spettri di accelerazione. Diagrammando le cop-

pie accelerazione massima-periodo si sono ottenuti gli spettri energetici, da affiancare a quelli in termini di accelerazione. Se non specificato diversamente, il termine spettro di risposta sarà riferito alle accelerazioni.

3. CLASSIFICAZIONE ED ANALISI STATISTICA DEI SISMI

Gli accelerogrammi esaminati includono tutte le registrazioni di eventi sismici italiani degli ultimi 20 anni, raccolti nella banca dati Enea-Enel, fatta eccezione per quelli relativi ad eventi molto deboli, ossia con PGA minore di 0.05 g. Per ciascuno di essi sono stati calcolati e diagrammati gli spettri di risposta elastici in termini di accelerazione e di energia. Al fine di raggruppare gli accelerogrammi in classi omogenee, si sono prese in esame sia la magnitudo dell'evento che la forma degli spettri e per quest'ultima, in particolare, si è cercato di utilizzare un parametro di scelta più obiettivo del semplice confronto visivo di immagini. A tal fine si è suddiviso l'insieme di periodi da 0 a 3 secondi in sei intervalli di ampiezza 0.5 secondi (figura 3.1) e per ciascuno di essi si è valutata l'area A_{sp} sottesa dal diagramma spettrale ed il valore medio H_{eq} dell'ordinata nell'intervallo (altezza del rettangolo equivalente); quest'ultimo è stato infine normalizzato rispetto all'accelerazione di picco. Si è quindi calcolata la media globale delle ordinate normalizzate sui 3 secondi ed il valore ottenuto è stato assunto come indice globale di intensità. Come indicatori della forma spettrale sono stati assunti il rapporto R tra la media nei singoli intervalli e quella globale, o più semplicemente l'elenco dei "picchi", cioè degli intervalli in cui tale valore supera 1.5.

3.1 Gruppi omogenei di accelerogrammi

Sulla base dei parametri sopra elencati si sono individuati due gruppi di accelerogrammi. Il primo include eventi per i quali il contributo di accelerazione ed energia nel primo intervallo di periodi (da 0 a 0.5 secondi) è nettamente prevalente. Essi hanno quindi una notevole omogeneità di forma spettrale ed inoltre possiedono tutti magnitudo minore o al più uguale a 4.5, indipendentemente dal tipo di suolo e dal valore di PGA. Le registrazioni appartenenti a questo gruppo sono elencate in tabella 3.1, con le sigle fornite dalla banca dati Enea-Enel. L'involuppo dei relativi spettri di risposta è riportato in figura 3.2.

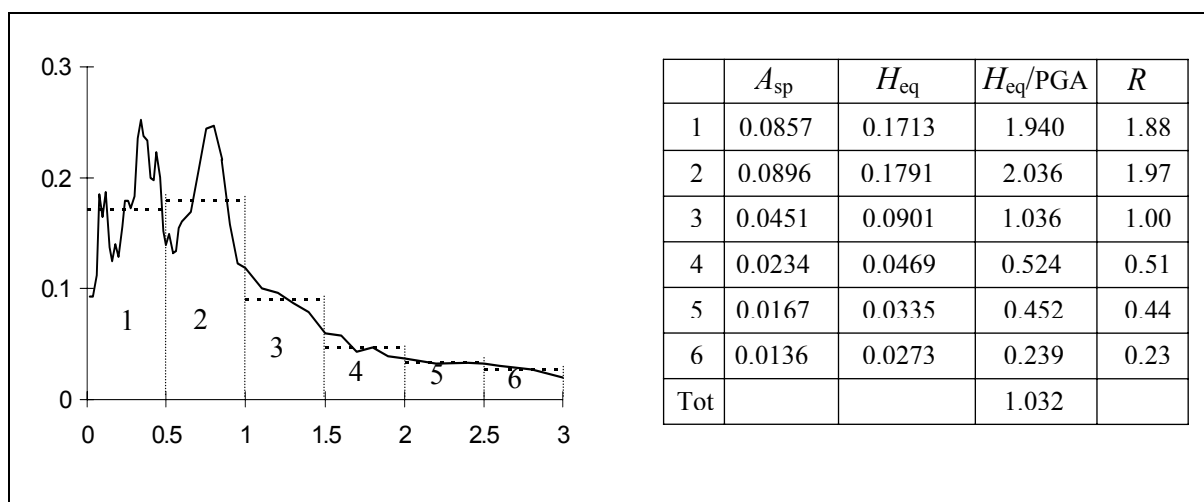


Fig. 3.1 - Valutazione degli indicatori di forma spettrale

Tab. 3.1 - sismi del primo gruppo

sigla comp.	località	data	sigla comp.	località	data	sigla comp.	località	data
0005 EW	Palombina	14.06.72	0682 EW	Conza-Piana	23.11.80	0757 EW	Fiumicello T	01.12.80
0005 NS	Palombina	14.06.72	0688 EW	Cairano-1	03.12.80	0762 NS	Selva Piana	01.12.80
0008 EW	Palombina	14.06.72	0688 NS	Cairano-1	03.12.80	0781 NS	Fiumicello T	16.01.81
0009 EW	Rocca	14.06.72	0718 EW	Conza-Base	16.01.81	0859 EW	Pietralunga	29.04.84
0012 EW	Palombina	21.06.72	0724 EW	Cairano-1	16.01.81	0859 NS	Pietralunga	29.04.84
0012 NS	Palombina	21.06.72	0724 NS	Cairano-1	16.01.81	0862 EW	Atina	07.05.84
0028 NS	Tolmezzo	06.05.76	0725 EW	Cairano-3	16.01.81	0874 EW	Ortucchio	07.05.84
0139 NS	San Rocco	11.09.76	0735 EW	Cairano-2	16.01.81	0874 NS	Ortucchio	07.05.84
0152 NS	Forgaria C.	15.09.76	0746 EW	Fiumicello T	26.11.80	0909 EW	Atina	11.05.84
0264 NS	Somplago	16.09.77	0746 NS	Fiumicello T	26.11.80	0911 EW	Atina	11.05.84
0355 EW	Nocera U.	19.09.79	0747 EW	Fiumicello T	26.11.80	0919 EW	Atina	11.05.84
0355 NS	Nocera U.	19.09.79	0747 NS	Fiumicello T	26.11.80			

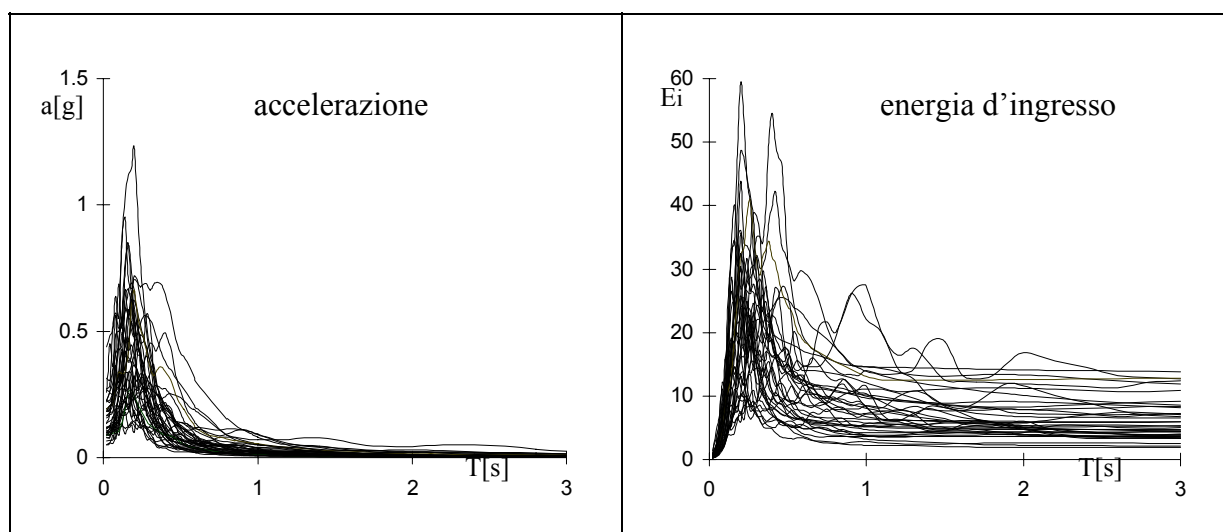


Fig. 3.2 - Sismi appartenenti al primo gruppo: inviluppo degli spettri di risposta in termini di accelerazione ed energia.

Il secondo gruppo racchiude terremoti di magnitudo maggiore a 4.5. Le registrazioni di tale intensità presentano, in genere, valori piuttosto dispersi e le accelerazioni spettrali che definiscono i limiti superiori ed inferiori sono molto discoste, soprattutto nel campo dei periodi intermedi, pertanto i campioni costituenti casi isolati e poco rappresentativi non sono stati presi in considerazione. Gli accelerogrammi selezionati in questo gruppo sono elencati in tabella 3.2; l'inviluppo degli spettri di risposta è diagrammato in figura 3.3.

Tab. 3.2 - sismi del secondo gruppo

sigla comp.	località	data	sigla comp.	località	data	sigla comp.	località	data
0032 EW	Codroipo	06.05.76	0168 EW	Forgaria C.	15.09.76	0621 EW	Bagnoli I.	23.11.80
0032 NS	Codroipo	06.05.76	0168 NS	Forgaria C.	15.09.76	0621 NS	Bagnoli I.	23.11.80
0038 NS	Tolmezzo	06.05.76	0169 EW	San Rocco	15.09.76	0627 EW	Merc. S.Sev.	23.11.80
0143 EW	Buia	11.09.76	0169 NS	San Rocco	15.09.76	0627 NS	Merc. S.Sev.	23.11.80
0143 NS	Buia	11.09.76	0177 EW	Buia	15.09.76	0636 EW	Calitri	23.11.80
0152 EW	Forgaria C.	15.09.76	0301 EW	Patti	15.04.78	0636 NS	Calitri	23.11.80
0152 NS	Forgaria C.	15.09.76	0301 NS	Patti	15.04.78	0643 EW	Rionero	23.11.80
0153 EW	San Rocco	15.09.76	0302 EW	Naso	15.04.78	0643 NS	Rionero	23.11.80
0156 EW	Buia	15.09.76	0302 NS	Naso	15.04.78	0644 EW	Bisaccia	23.11.80
0156 NS	Buia	15.09.76	0350 EW	Cascia	19.09.79	0911 EW	Bisaccia	23.11.80

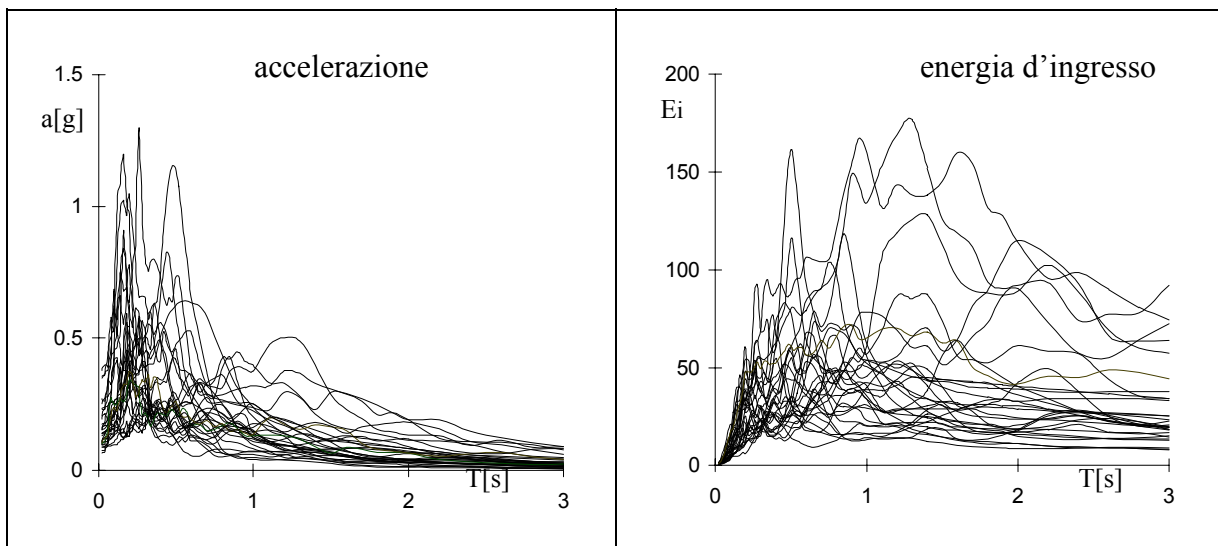


Fig. 3.3 - Sismi appartenenti al secondo gruppo: inviluppo degli spettri di risposta in termini di accelerazione ed energia.

3.2 Distribuzioni di frequenza

Nell'ipotesi di voler esaminare da un punto di vista statistico gli spettri, i dati a nostra disposizione sono costituiti, per ciascun periodo, dalle accelerazioni e dall'energia di ingresso delle strutture soggette ad ogni sisma appartenente ad uno dei due gruppi considerati. Tali valori costituiscono il campo di definizione di una variabile aleatoria discreta e si presentano, chiaramente, disordinati numericamente. Nell'illustrare il procedimento faremo riferimento, per esempio, alla definizione di uno spettro probabilistico in termini di accelerazione.

Una prima operazione consiste nel costruire una curva delle frequenze cumulate che rappresenta la probabilità che hanno i singoli valori di accelerazione di non essere superati. Ordinate per valori crescenti le accelerazioni, e numerate progressivamente, si costruisce per punti un

grafico nel quale si riporta sull'asse delle ascisse le accelerazioni e su quello delle ordinate il numero di valori, in percentuale rispetto al totale, minori o uguali al relativo valore dell'ascissa. Il diagramma parte evidentemente da zero (al di sotto del minimo valore delle accelerazioni) e va sempre crescendo fino a raggiungere il 100% per una ascissa pari al massimo valore ottenuto nella distribuzione.

L'andamento di una distribuzione è, però, meglio rappresentato dalla sua derivata, che nel caso di valori discreti, come quelli analizzati, assume l'aspetto di un istogramma ottenuto dividendo l'asse delle ascisse in un certo numero di classi ad ognuna delle quali corrisponde una frazione del numero totale di misure. Naturalmente la somma di queste ultime sarà pari ad 1. Il valore minimo e quello massimo costituiscono il centro delle relative classi, mentre l'area di ogni rettangolo risulta proporzionale alla rispettiva frequenza.

Per alcuni dei periodi studiati sono riportate nelle figure da 3.4 a 3.7 i diagrammi delle frequenze cumulate ed i relativi istogrammi. Il campo di variazione, ossia le differenze tra il minimo ed il massimo valore, è funzione sia del gruppo che del periodo; si osserva, infatti, che gli istogrammi relativi alla prima categoria, essendo questa più omogenea, presentano curve di frequenza cumulate quasi verticali e ampiezza delle classi molto ristretta. Analogo andamento si ottiene per gli alti periodi dei sismi appartenenti al secondo gruppo, per i quali si può osservare che gli spettri di risposta presentano ordinate molto simili.

PRIMO GRUPPO

$T = 0.5 \text{ s}$

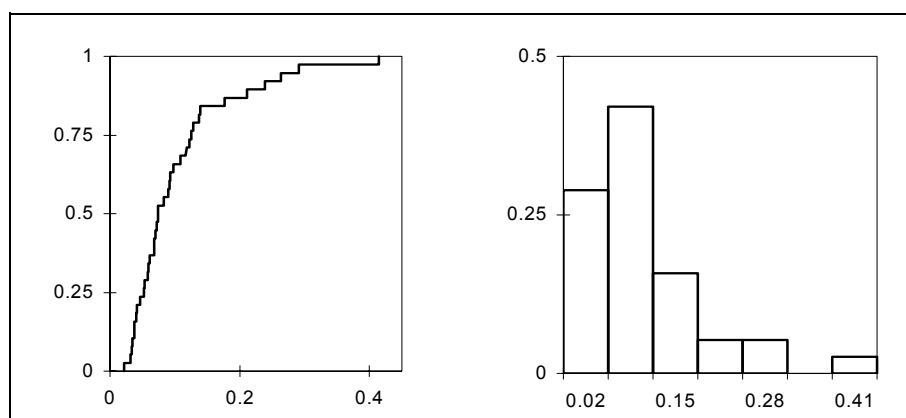


Fig. 3.4 - Diagramma di frequenza ed istogramma di probabilità delle accelerazioni

$T = 1 \text{ s}$

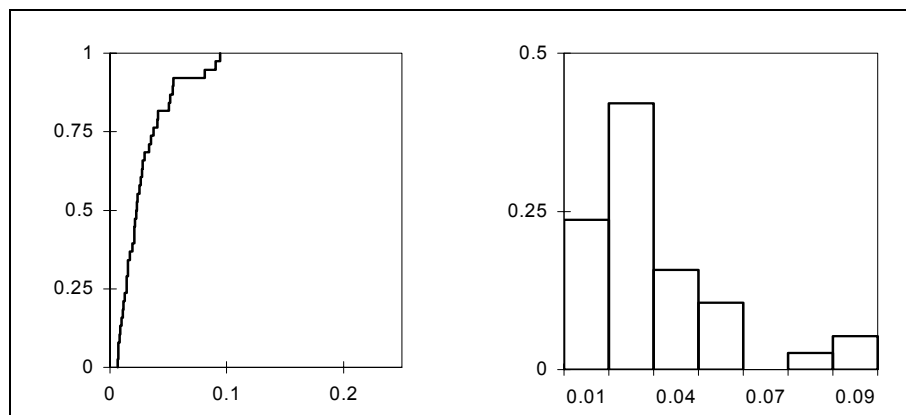


Fig. 3.5 - Diagramma di frequenza ed istogramma della densità di probabilità delle accelerazioni

SECONDO GRUPPO

T = 0.5 s

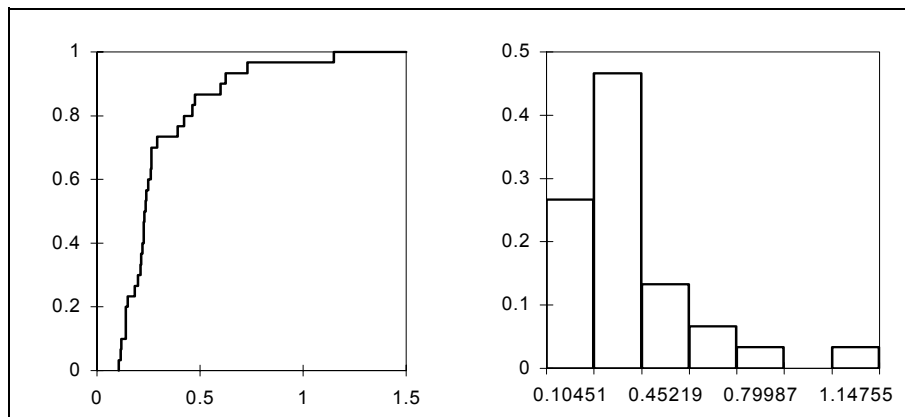


Fig. 3.6 - Diagramma di frequenza ed istogramma della densità di probabilità delle accelerazioni

T = 1 s

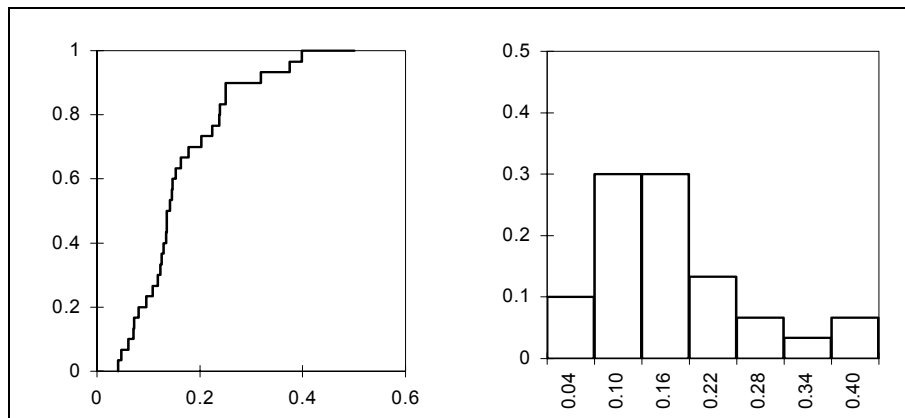


Fig. 3.7 - Diagramma di frequenza ed istogramma della densità di probabilità delle accelerazioni

3.3 Spettri a probabilità assegnata

La distribuzione dei valori assunti dall'accelerazione e dall'energia è individuata da alcuni parametri caratteristici. Definiamo, per una variabile aleatoria discreta:

- media: rapporto tra la sommatoria dei valori assunti ed il numero dei valori totali

$$M = \sum \frac{\ddot{x}_i}{n}$$

- scarto dal valor medio o varianza: valore assoluto della differenza tra il singolo valore e la media

$$s = |x_i - M|$$

- scarto quadratico medio o deviazione standard: radice quadrata della sommatoria degli scarti divisi per il numero dei valori n , o meglio, nel caso di pochi campioni disponibili, per il numero dei valori meno uno, $n-1$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\ddot{x}_i - M)^2}{n-1}}$$

Il valor medio rappresenta il complesso dei valori cui si riferisce tanto meglio quanto più è piccola la varianza che non è altro che un indice di dispersione dei dati.

Sulla base di tali definizioni sono stati calcolati, per ogni periodo, il valor medio delle accelerazioni massime e delle energie di input cui è soggetto l'oscillatore sottoposto a tutti i sismi di ciascun gruppo e la deviazione standard; diagrammando tali parametri si sono ottenuti gli spettri medi, relativi cioè al 50% di probabilità di superamento e spettri le cui ordinate sono date dalla somma della media più la variazione standard, che forniscono una probabilità pari circa all'84% (per una distribuzione Gaussiana). Tali spettri sono riportati nelle figure 3.8 e 3.9, mentre i valori, medi e la variazione standard per ciascun periodo, sono riportati nelle tabelle 3.3 e 3.4. Sono inoltre diagrammati nelle figure da 3.10 a 3.13, per quattro valori significativi del periodo, gli scostamenti dalla media di tutti gli spettri appartenenti al primo e secondo gruppo, per le accelerazioni e per le energie.

PRIMO GRUPPO

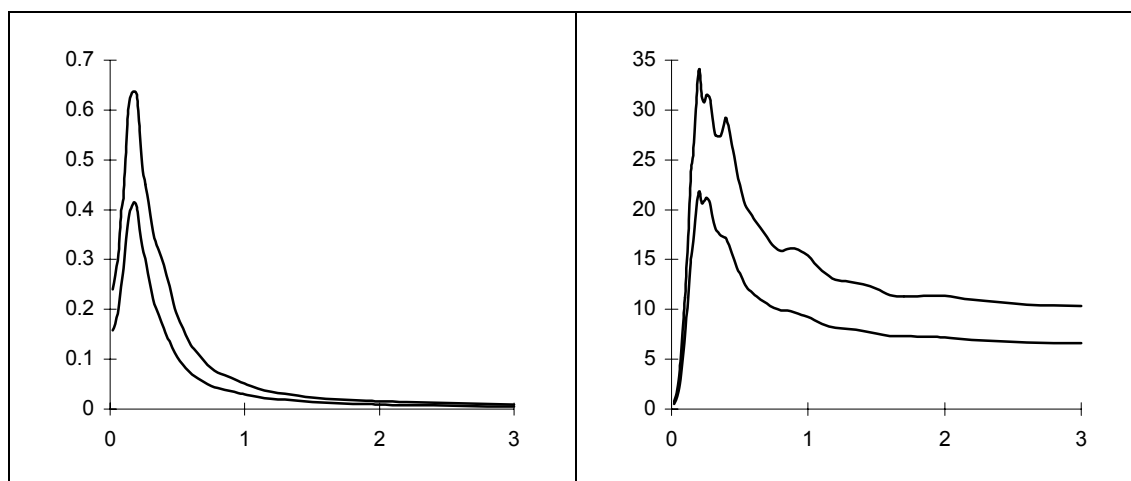


Fig. 3.8 - I gruppo: spettri con probabilità di superamento pari al 50% e all'84%.

Tab. 3.3 - I gruppo: valori della media e della variazione standard

ACCELERAZIONI [g]				ENERGIE [kNm]			
T	M	σ	M+ σ	T	M	σ	M+ σ
0.02	0.15803	0.08259	0.24063	0.02	0.5136	0.2651	0.7787
0.04	0.17132	0.09757	0.26888	0.04	1.2639	0.7583	2.0222
0.06	0.19980	0.11183	0.31162	0.06	2.5080	1.4624	3.9704
0.08	0.24530	0.14719	0.39249	0.08	4.7518	2.8107	7.5625
0.10	0.28199	0.14649	0.42847	0.10	7.3787	3.7988	11.1775
0.12	0.34218	0.18397	0.52615	0.12	11.0780	6.2720	17.3501
0.14	0.38457	0.22292	0.60749	0.14	14.6989	8.7556	23.4544
0.16	0.40714	0.22744	0.63458	0.16	16.8568	8.8706	25.7274
0.18	0.41526	0.22215	0.63741	0.18	19.6042	10.4954	30.0995

segue Tab. 3.3 - I gruppo: valori della media e della variazione standard

0.20	0.40413	0.22677	0.63091	0.20	21.8291	12.2934	34.1225
0.22	0.36080	0.19730	0.55811	0.22	20.6940	10.7390	31.4330
0.24	0.32797	0.16289	0.49087	0.24	20.8564	9.9003	30.7566
0.26	0.30131	0.14888	0.45019	0.26	21.2050	10.3254	31.5304
0.28	0.27275	0.14952	0.42227	0.28	20.6989	10.4447	31.1436
0.30	0.24630	0.14204	0.38833	0.30	19.2971	9.9499	29.2469
0.32	0.22153	0.13432	0.35585	0.32	18.2593	9.3195	27.5788
0.34	0.20123	0.13006	0.33129	0.34	17.7474	9.6020	27.3494
0.36	0.18867	0.12963	0.31829	0.36	17.3833	10.0207	27.4040
0.38	0.17472	0.12913	0.30384	0.38	17.2669	11.0287	28.2955
0.40	0.16184	0.12715	0.28899	0.40	17.1295	12.0801	29.2096
0.42	0.14788	0.12022	0.26810	0.42	16.4646	11.6077	28.0723
0.44	0.13568	0.11156	0.24725	0.44	15.6987	10.9136	26.6123
0.46	0.12307	0.10003	0.22309	0.46	14.9456	10.4139	25.3595
0.48	0.11247	0.08972	0.20218	0.48	14.2096	9.6127	23.8224
0.50	0.10439	0.08319	0.18758	0.50	13.5975	8.8596	22.4571
0.52	0.09651	0.07821	0.17472	0.52	13.0166	8.3547	21.3713
0.54	0.08895	0.07292	0.16186	0.54	12.4471	8.0358	20.4829
0.56	0.08227	0.06732	0.14959	0.56	12.1020	7.9134	20.0154
0.58	0.07646	0.06201	0.13847	0.58	11.8161	7.7906	19.6068
0.60	0.07146	0.05668	0.12814	0.60	11.5531	7.6155	19.1686
0.65	0.06221	0.04919	0.11140	0.65	10.9941	7.1656	18.1597
0.70	0.05373	0.04229	0.09602	0.70	10.6034	6.6780	17.2814
0.75	0.04678	0.03517	0.08196	0.75	10.1394	6.1914	16.3308
0.80	0.04235	0.03085	0.07320	0.80	9.8899	5.9602	15.8501
0.85	0.03906	0.02897	0.06803	0.85	9.8680	6.1727	16.0407
0.90	0.03560	0.02738	0.06299	0.90	9.6651	6.4367	16.1018
0.95	0.03210	0.02494	0.05705	0.95	9.4504	6.3617	15.8122
1.00	0.02922	0.02227	0.05149	1.00	9.2568	6.1452	15.4021
1.10	0.02407	0.01745	0.04152	1.10	8.5224	5.3754	13.8978
1.20	0.02094	0.01419	0.03513	1.20	8.1483	4.8080	12.9563
1.30	0.01863	0.01263	0.03126	1.30	8.0372	4.7189	12.7561
1.40	0.01623	0.01126	0.02749	1.40	7.8551	4.6850	12.5401
1.50	0.01405	0.00947	0.02351	1.50	7.5912	4.4870	12.0782
1.60	0.01243	0.00816	0.02059	1.60	7.3378	4.1188	11.4566
1.70	0.01139	0.00733	0.01871	1.70	7.2931	4.0286	11.3216
1.80	0.01056	0.00701	0.01757	1.80	7.2523	4.0370	11.2893
1.90	0.00980	0.00695	0.01675	1.90	7.2277	4.1341	11.3618
2.00	0.00912	0.00685	0.01598	2.00	7.1860	4.1882	11.3742
2.20	0.00813	0.00607	0.01420	2.20	6.9674	4.0260	10.9934
2.40	0.00718	0.00510	0.01228	2.40	6.8186	3.9019	10.7206
2.60	0.00643	0.00456	0.01099	2.60	6.6684	3.7779	10.4463
2.80	0.00573	0.00414	0.00987	2.80	6.6199	3.7615	10.3815
3.00	0.00513	0.00359	0.00872	3.00	6.5842	3.7276	10.3117

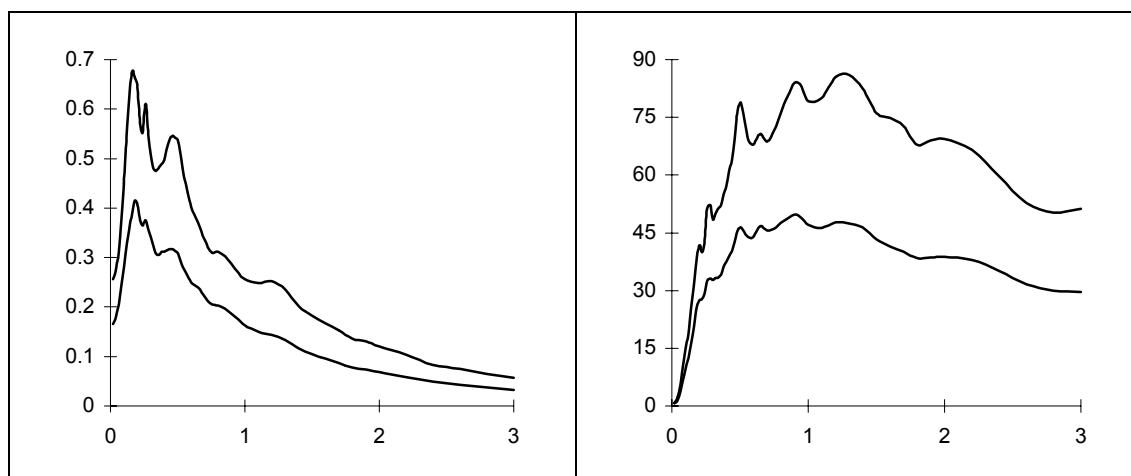


Fig. 3.9 - II gruppo: spettri con probabilità di superamento pari al 50% e all'84%

Tab. 3.4 - II gruppo: valori della media e della variazione standard

T	ACCELERAZIONI [g]			T	ENERGIE [kNm]		
	M	σ	M+ σ		M	σ	M+ σ
0.02	0.16568	0.09042	0.25610	0.02	0.5836	0.2702	0.8537
0.04	0.17722	0.09407	0.27129	0.04	1.5699	0.7245	2.2944
0.06	0.20410	0.10620	0.31030	0.06	3.4546	1.7699	5.2245
0.08	0.24290	0.13232	0.37521	0.08	6.4131	3.6218	10.0349
0.10	0.28003	0.16894	0.44897	0.10	9.3333	5.1170	14.4503
0.12	0.32259	0.22029	0.54288	0.12	12.4179	6.3795	18.7974
0.14	0.35507	0.26179	0.61686	0.14	16.0895	9.3079	25.3974
0.16	0.39003	0.28691	0.67694	0.16	19.8935	10.9432	30.8367
0.18	0.41537	0.24733	0.66270	0.18	24.9615	12.1405	37.1020
0.20	0.40906	0.24109	0.65014	0.20	27.3727	14.3972	41.7699
0.22	0.37600	0.19577	0.57177	0.22	27.7603	12.1003	39.8606
0.24	0.36432	0.18880	0.55312	0.24	29.1917	12.9898	42.1815
0.26	0.37483	0.23528	0.61011	0.26	32.5070	18.7693	51.2763
0.28	0.35674	0.19124	0.54798	0.28	33.1713	18.9975	52.1687
0.30	0.34129	0.16574	0.50703	0.30	32.7828	15.6207	48.4035
0.32	0.32294	0.15678	0.47972	0.32	33.3259	16.5748	49.9007
0.34	0.30817	0.16642	0.47459	0.34	33.2407	18.0694	51.3101
0.36	0.30577	0.17735	0.48312	0.36	34.0913	18.1919	52.2832
0.38	0.31180	0.17669	0.48849	0.38	36.2199	18.7876	55.0076
0.40	0.31133	0.18559	0.49693	0.40	37.3790	19.7525	57.1315
0.42	0.31436	0.20617	0.52053	0.42	38.6909	21.9576	60.6485
0.44	0.31654	0.22020	0.53674	0.44	40.2211	23.8151	64.0363
0.46	0.31670	0.22895	0.54564	0.46	42.5173	26.7380	69.2553
0.48	0.31361	0.22852	0.54213	0.48	45.1688	30.6171	75.7859
0.50	0.30925	0.22876	0.53801	0.50	46.3712	32.4486	78.8198

segue Tab. 3.4 - Il gruppo: valori della media e della variazione standard

0.52	0.29506	0.21719	0.51225	0.52	45.7695	30.7568	76.5263
0.54	0.28029	0.19657	0.47686	0.54	44.6598	28.1870	72.8469
0.56	0.26899	0.17820	0.44719	0.56	43.9272	25.5070	69.4341
0.58	0.25920	0.16412	0.42332	0.58	43.6678	24.3420	68.0098
0.60	0.25014	0.15230	0.40245	0.60	44.0679	24.0485	68.1164
0.65	0.23902	0.13132	0.37034	0.65	46.6763	24.0456	70.7219
0.70	0.22101	0.11539	0.33639	0.70	45.5767	23.1308	68.7076
0.75	0.20549	0.10531	0.31080	0.75	46.1643	25.4583	71.6226
0.80	0.20344	0.10818	0.31163	0.80	47.5611	28.3915	75.9527
0.85	0.19634	0.10690	0.30324	0.85	48.7835	31.7045	80.4881
0.90	0.18650	0.10112	0.28762	0.90	49.6721	34.3899	84.0620
0.95	0.17467	0.09441	0.26908	0.95	48.9776	34.1321	83.1096
1.00	0.16352	0.09264	0.25616	1.00	47.0436	32.1620	79.2056
1.10	0.15048	0.09738	0.24786	1.10	46.2363	33.7995	80.0358
1.20	0.14404	0.10812	0.25216	1.20	47.7981	37.7387	85.5368
1.30	0.13317	0.10292	0.23609	1.30	47.4265	38.6242	86.0507
1.40	0.11708	0.08527	0.20234	1.40	46.3900	36.1698	82.5597
1.50	0.10474	0.07727	0.18201	1.50	43.2967	32.7793	76.0760
1.60	0.09594	0.07134	0.16727	1.60	41.4373	33.4459	74.8832
1.70	0.08650	0.06638	0.15288	1.70	40.1601	32.6119	72.7720
1.80	0.07762	0.05825	0.13587	1.80	38.3754	29.4400	67.8155
1.90	0.07383	0.05632	0.13015	1.90	38.6000	30.5103	69.1103
2.00	0.06869	0.05106	0.11975	2.00	38.7364	30.6834	69.4198
2.20	0.05880	0.04418	0.10298	2.20	37.8849	28.5836	66.4685
2.40	0.04889	0.03341	0.08231	2.40	35.0989	24.6894	59.7882
2.60	0.04333	0.03165	0.07498	2.60	31.6591	21.0402	52.6993
2.80	0.03718	0.02703	0.06422	2.80	29.9742	20.2403	50.2145
3.00	0.03278	0.02416	0.05694	3.00	29.6296	21.6416	51.2712

Alla luce delle definizioni date e dagli istogrammi presentati in precedenza, possiamo notare che l'andamento delle accelerazioni può essere assimilabile ad una distribuzione lognormale espressa generalmente nella forma:

$$y(x) = \frac{1}{\delta x \sqrt{2\pi}} \exp^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln x - \lambda}{\delta} \right)^2}$$

essendo:

$$\delta \cong \zeta = \frac{\sigma}{M}$$

$$\lambda = \ln \frac{M}{\sqrt{1 + \zeta^2}}$$

PRIMO GRUPPO

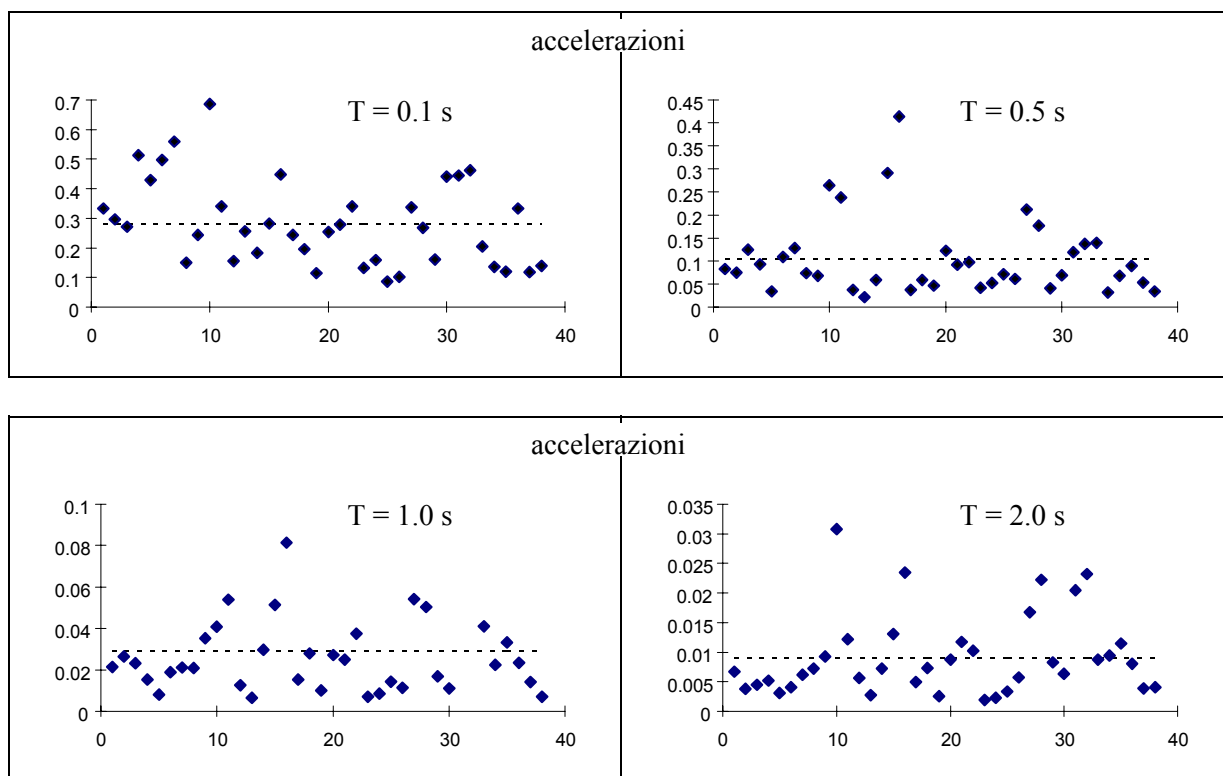


Fig.3.10 - I gruppo: scostamenti dalla media delle accelerazioni

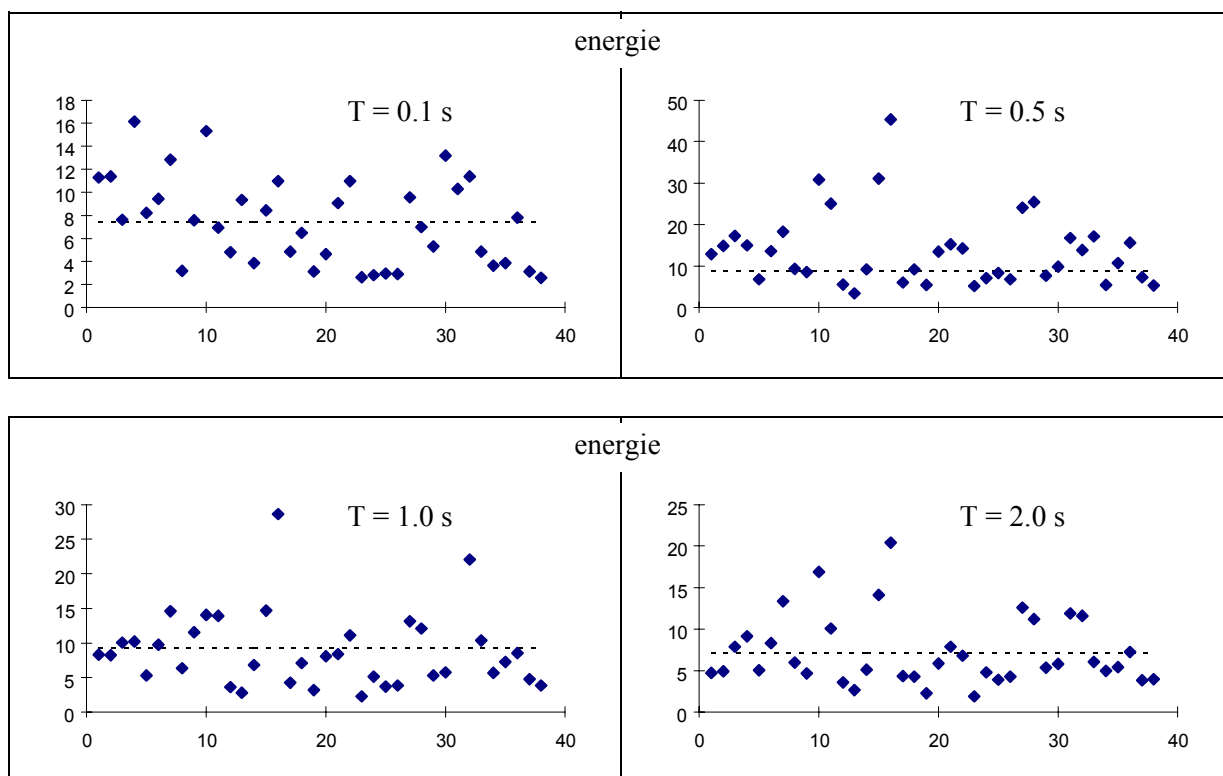


Fig.3.11 - I gruppo: scostamenti dalla media delle energie

SECONDO GRUPPO

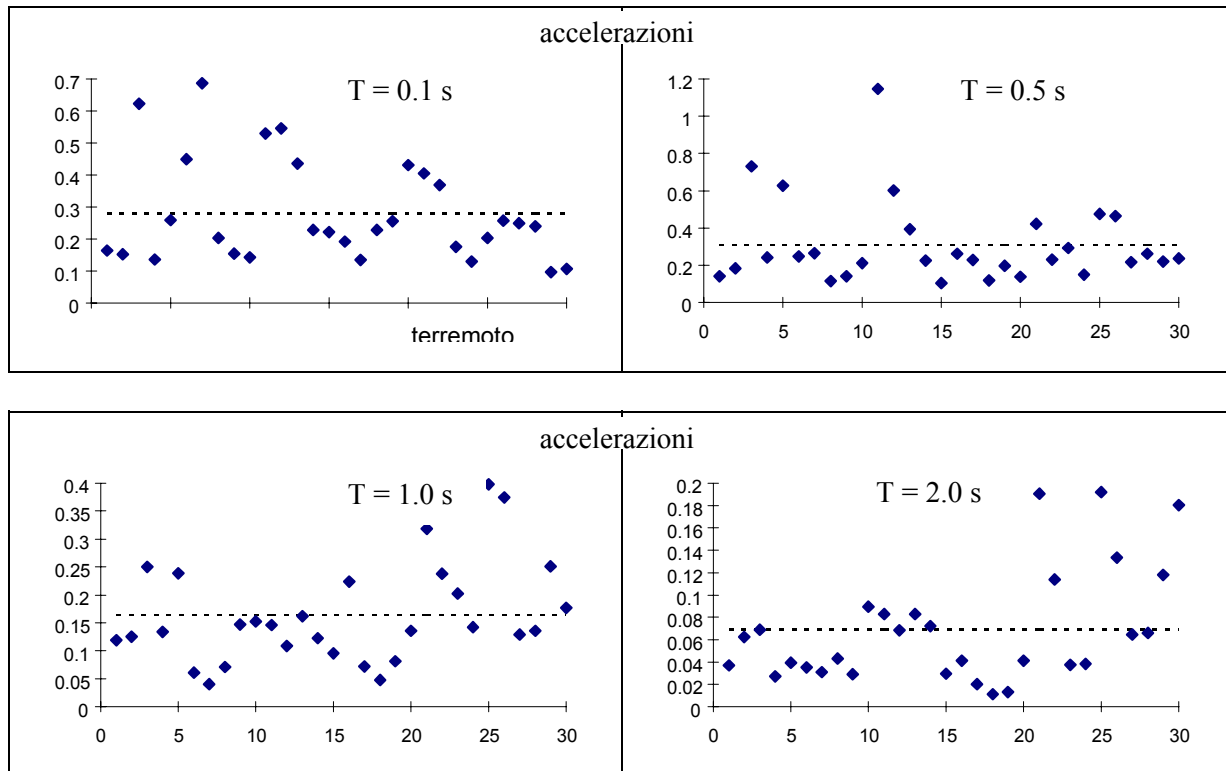


Fig.3.12 - Il gruppo: scostamenti dalla media delle accelerazioni

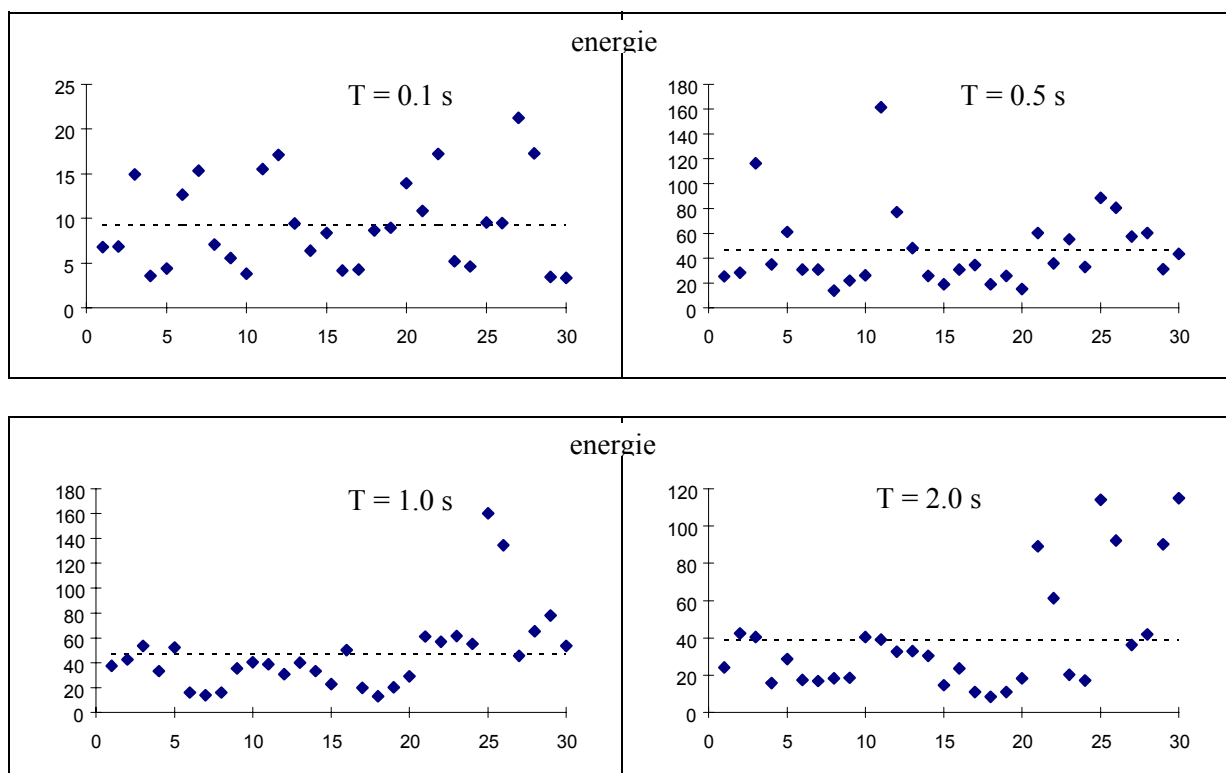


Fig.3.13 - Il gruppo: scostamenti dalla media delle energie

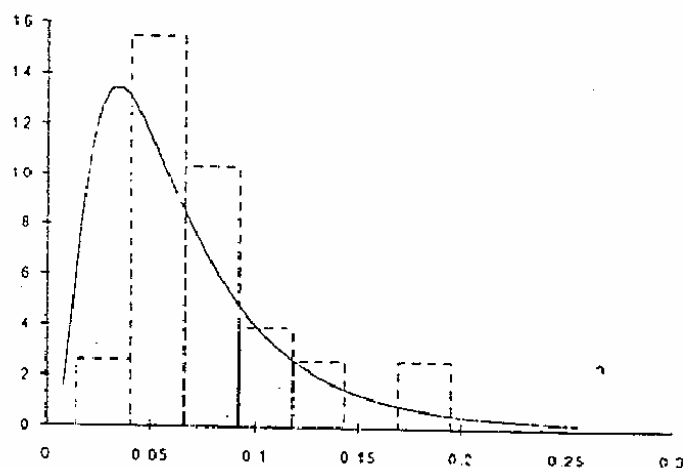


Fig. 3.14 - Confronto tra un istogramma di probabilità e la relativa curva lognormale.

3.4 Confronto con la normativa

L'andamento degli spettri a probabilità assegnata appena definiti può essere analizzato e confrontato con quello degli spettri forniti dalla normativa sismica europea. L'Eurocodice 8 fornisce uno spettro elastico definito dalle seguenti espressioni, in funzione del tipo di terreno e della categoria sismica

$$0 \leq T \leq T_B \quad S_e(T) = a_g S \left[1 + \frac{T}{T_B} (\eta \beta_0 - 1) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C \quad S_e(T) = a_g S \eta \beta_0$$

$$T_C \leq T \leq T_D \quad S_e(T) = a_g S \eta \left[\frac{T_C}{T} \right]^{K_1}$$

$$T \geq T_D \quad S_e(T) = a_g S \eta \left[\frac{T_C}{T} \right]^{K_1} \left[\frac{T_D}{T} \right]^{K_2}$$

I valori dei parametri che intervengono nelle espressioni sono riportati nella tabella 3.5.

Tab. 3.5 - Valore dei parametri che definiscono lo spettro di risposta dell'Eurocodice 8

classi di terreno	S	β_0	K_1	K_2	T_B	T_C	T_D
A	1.00	2.50	1	2	0.10	0.40	3
B	1.00	2.50	1	2	0.15	0.60	3
C	0.90	2.50	1	2	0.20	0.80	3

I terreni sono così classificati:

- classe A: roccia o formazione geologica caratterizzate da velocità di onde da taglio pari almeno a 800 m/s o depositi con sabbia addensata o di argilla sovraconsolidata con crescita graduale delle proprietà meccaniche con la profondità;
- classe B: depositi profondi di sabbia mediamente addensata caratterizzati da valori della velocità crescenti da 200 m/s ad una profondità di 10 m a 350 m/s per profondità di 50 m;

- classe C: rocce sciolte, depositi incoerenti caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio v_s al di sotto di 200 m/s nei primi 20 m, depositi di terreni soffici caratterizzati da v_s al di sotto di 200 m/s nei primi 20 metri.

Il valore dato all'accelerazione di picco del terreno a_g specifica la categoria sismica. A tale proposito, un documento del GNDT suddivide l'Italia in tre zone caratterizzate da differenti valori dell'accelerazione di picco

$a_g = 0.15$ g	zone a bassa sismicità
$a_g = 0.25$ g	zone a media intensità sismica
$a_g = 0.35$ g	zone ad alta intensità sismica

Per quanto riguarda i sismi appartenenti al primo gruppo, gli spettri di risposta elastica in termini di accelerazione si presentano con un picco spostato verso i bassi periodi e con valori delle accelerazioni notevolmente bassi già a partire da 0.5 secondi. Ciò equivale a dire che per gran parte delle strutture usuali, in particolare per quelle in acciaio che sono caratterizzate da un periodo proprio generalmente superiore al secondo, tali terremoti non producono effetti rilevanti. Confrontando lo spettro medio e quello con probabilità di superamento dell'84% con gli spettri di normativa (relativi rispettivamente ad accelerazioni di 0.15g e 0.25g) per terreno di classe A, si osserva che le ordinate spettrali dei sismi di questo gruppo risultano eccessivamente discoste da quelle di normativa (figura 3.15). Per tali motivi si ritiene il primo gruppo di sismi non idoneo, o non cautelativo, per un'analisi della risposta sismica di strutture.

La situazione appare invece differente per il secondo gruppo. Lo spettro medio e quello all'84% presentano una quasi perfetta aderenza, con l'eccezione dei bassi periodi, con gli spettri elastici proposti dall'EC8 per classe di terreno A e accelerazioni di 0.15 g e 0.25 g, rispettivamente. Facendo riferimento allo spettro medio delle accelerazioni, che presenta un valore del PGA pari a 0.16 g, si nota però che il coefficiente di variazione spesso supera valori 0.5, mostrando una notevole dispersione dei campioni, nonostante tutti gli accorgimenti utilizzati per ottenere una maggiore omogeneità.

4. SCALATURA DEGLI ACCELEROGRAMMI

L'esame delle registrazioni accelerometriche mostra come siano disponibili numerosi dati relativi a eventi di bassa e media intensità, mentre quelli che si riferiscono a sismi violenti sono in-

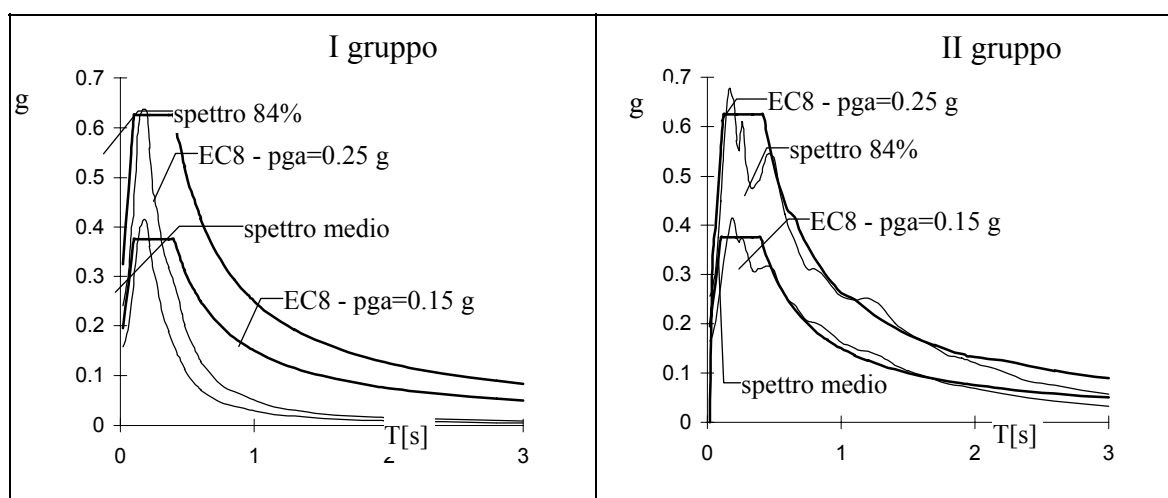


Fig. 3.15 - Confronto tra spettri medi e all'84% e spettri dati dall'EC8 per terreno A e accelerazioni di picco pari a 0.15 g e 0.25 g per I e II gruppo

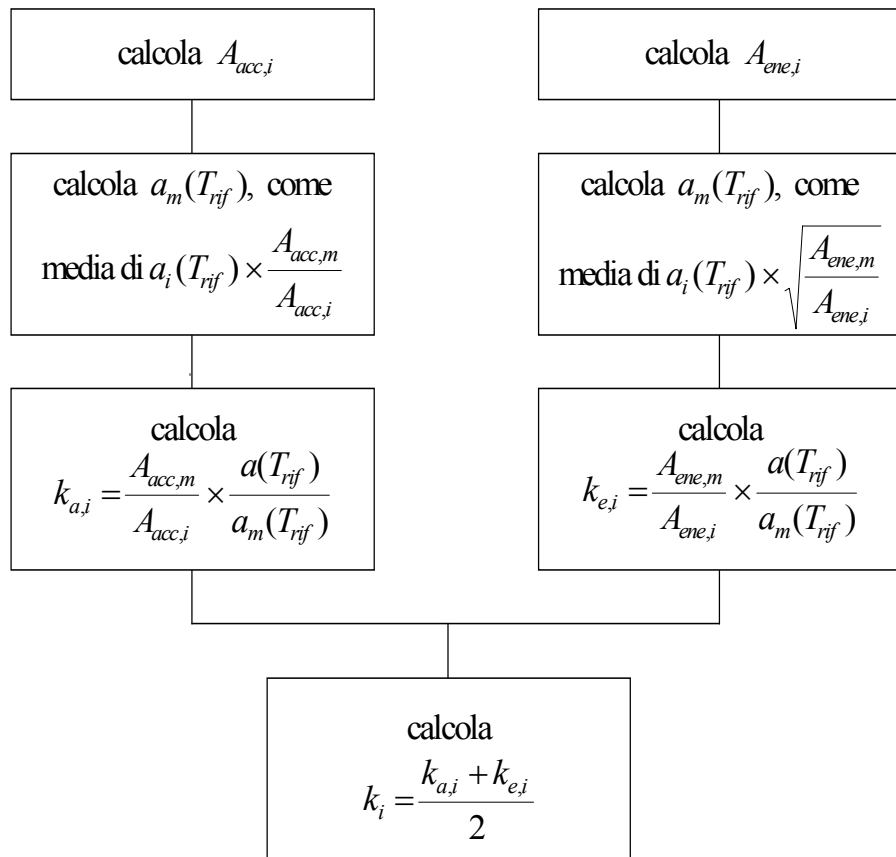
sufficienti per una analisi statistica. Per ottenere un campione di accelerogrammi utile ai fini dello studio del comportamento a collasso delle strutture è quindi indispensabile scalare in maniera opportuna le registrazioni di sismi naturali, amplificandone le accelerazioni. Nell'effettuare questa operazione è inoltre opportuno cercare di superare il problema della notevole dispersione dei valori rispetto alla media, che può rendere difficile l'interpretazione del comportamento degli edifici, in quanto le strutture potrebbero essere condotte alla plasticizzazione da pochi sismi violenti e risultare del tutto insensibili agli altri. Tra i due gruppi selezionati ed esaminati nel precedente paragrafo, il secondo si presta meglio a tale operazione, sia perché l'accelerazione media è maggiore rispetto a quella del primo gruppo che per la buona rispondenza dello spettro medio delle accelerazioni con quello previsto dall'Eurocodice 8 per terreno di classe A.

Al fine di rendere il campione di sismi selezionato adeguato in termini di accelerazioni e di aumentarne contemporaneamente l'uniformità, si è scelto di amplificare le ordinate di ciascun accelerogramma secondo un fattore differente con lo scopo di ottenere per tutti i sismi gli stessi valori medi di accelerazione ed energia spettrale in un assegnato intervallo di periodi (ovvero di avere spettri di accelerazione ed energia con uguale area sottesa). Nel realizzare ciò si può in particolare tenere conto delle tipologie strutturali in esame e quindi del loro periodo fondamentale, imponendo l'uguaglianza delle aree spettrali solo per il campo di periodi di interesse. Le elaborazioni di seguito descritte sono state condotte con riferimento a strutture abbastanza deformabili, come ad esempio i telai in acciaio a nodi rigidi che presentano tipicamente periodi intorno al secondo. Si è quindi fatto riferimento all'intervallo 0.5-3 secondi, ottenendo in tal modo una sufficiente omogeneità di valori per periodi medio-elevati, ma scarti maggiori per periodi bassi. La procedura potrebbe essere ripetuta per strutture più rigide, quali quelle in cemento armato, facendo riferimento all'intervallo 0-2 secondi.

La procedura seguita è illustrata in figura 4.1. Come primo passo, si è ricavato per ciascun sisma del gruppo l'area sottesa dallo spettro delle accelerazioni nell'intervallo prescelto e si è calcolato il rapporto tra un'area di riferimento e l'area calcolata, ottenendo così un insieme di 30 coefficienti, uno per accelerogramma. Amplificando per ogni sisma le accelerazioni registrate mediante il relativo coefficiente si ottiene, grazie alla linearità del comportamento elastico, la richiesta uguaglianza di aree tra tutti gli accelerogrammi modificati. Data l'arbitrarietà del valore dell'area di riferimento, occorre però scalare ulteriormente gli accelerogrammi di una stessa quantità in modo da raggiungere il voluto effetto complessivo. A tal fine è sembrato ragionevole imporre la coincidenza dell'ordinata spettrale media dei sismi, così modificati, con quella dello spettro di accelerazioni dell'EC8 in corrispondenza al periodo di 1 secondo; ci si è riferiti al tipo di suolo A per il quale l'Eurocodice 8 impone che l'accelerazione relativa ad 1 s sia proprio uguale al PGA, che è stato assunto pari a 0.35 g (corrispondente a sismi a lungo periodo di ritorno). I 30 coefficienti amplificativi k_a ottenuti moltiplicando i valori del primo insieme per questo ulteriore fattore di scala sono mostrati nella tabella 4.1.

Parallelamente si è proceduto, in maniera analoga, per quanto riguarda gli spettri in termini di energia. In questo caso i coefficienti che amplificano le accelerazioni registrate devono essere pari alla radice quadrata del rapporto tra un'area di riferimento e l'area sottesa dallo spettro delle energie, perché in schemi linearmente elastici l'energia varia col quadrato delle accelerazioni. Anche qui è stato necessario calcolare lo spettro medio delle accelerazioni dei sismi modificati onde individuare l'ulteriore coefficiente amplificativo necessario per ottenere la coincidenza dell'accelerazione spettrale con quella dell'Eurocodice 8 per il periodo 1 secondo. I 30 coefficienti k_e ottenuti per le energie sono mostrati anch'essi nella tabella 4.1.

In definitiva, l'utilizzo del primo o del secondo insieme di coefficienti amplificativi comporta in ogni caso che lo spettro medio delle accelerazioni ottenuto da accelerogrammi così modificati presenterà in corrispondenza del periodo pari ad 1 secondo lo stesso valore dello spettro dell'Eurocodice 8.



Legenda:

- $A_{acc,i}$ area sottesa allo spettro di accelerazione dell'accelerogramma i non scalato;
- $A_{ene,i}$ area sottesa allo spettro di energia dell'accelerogramma i non scalato;
- $A_{acc,m}$ area sottesa allo spettro medio di accelerazione degli accelerogrammi non scalati;
- $A_{ene,m}$ area sottesa allo spettro medio di energia di ingresso degli accelerogrammi non scalati;
- T_{rif} periodo per cui si impone l'uguaglianza dell'accelerazione spettrale;
- $a_i(T_{rif})$ accelerazione spettrale dell'accelerogramma i non scalato, al periodo T_{rif} ;
- $a(T_{rif})$ accelerazione spettrale che si vuole ottenere al periodo T_{rif} ;
- $k_{a,i}$ coefficiente amplificativo delle accelerazioni del sisma i , per omogeneizzare gli accelerogrammi in termini di spettro di accelerazione;
- $k_{e,i}$ coefficiente amplificativo delle accelerazioni del sisma i , per omogeneizzare gli accelerogrammi in termini di spettro di energia.

Fig. 4.1 - Procedura utilizzata per scalare gli accelerogrammi

Tab. 4.1 - Sigle dei sismi utilizzati e relativi moltiplicatori delle accelerazioni per ottenere l'uguaglianza delle aree nell'intervallo 0.5-3 s

sisma	k_a	k_e	k	sisma	k_a	k_e	k
m032.ew	3.03246	2.71272	2.873	m301.ew	2.12083	2.40360	2.262
m032.ns	2.54185	2.30497	2.423	m301.ns	5.15720	5.57309	5.365
m038.ns	1.56915	1.78343	1.676	m302.ew	6.29044	6.22967	6.260
m143.ew	3.24792	3.72487	3.486	m302.ns	4.71404	5.02253	4.868
m143.ns	1.57193	1.89188	1.732	m350.ew	2.91319	3.58026	3.247
m152.ew	4.15746	3.95892	4.058	m621.ew	0.95626	1.00051	0.978
m152.ns	5.56701	5.66519	5.616	m621.ns	1.40125	1.47208	1.437
m153.ew	4.05834	4.32152	4.190	m627.ew	2.21272	1.93788	2.075
m156.ew	2.97513	3.19913	3.086	m627.ns	3.01287	2.45551	2.734
m156.ns	2.04170	2.19090	2.116	m636.ew	0.95260	0.71505	0.834
m168.ew	1.52816	1.75775	1.643	m636.ns	0.96240	0.77759	0.870
m168.ns	2.40154	2.80635	2.604	m643.ew	2.70288	2.10378	2.403
m169.ew	1.95327	2.33005	2.142	m643.ns	2.03003	1.54668	1.788
m169.ns	2.81787	3.29656	3.057	m644.ew	1.84831	1.33156	1.590
m177.ew	4.16553	4.38711	4.276	m644.ns	1.59001	1.15083	1.370

Il primo insieme comporta inoltre la coincidenza delle aree sottese dallo spettro di accelerazione di ciascun sisma, mentre il secondo comporta una analoga coincidenza per le aree sottese dagli spettri di energia. I valori corrispondenti dei due insiemi non sono molto discosti l'uno dall'altro. Pertanto, per ottenere una maggiore omogeneità contemporaneamente per le accelerazioni e le energie si è quindi definito un nuovo insieme di coefficienti k , pari alla media dei singoli fattori amplificativi finora descritti.

In figura 4.2 è rappresentato lo spettro medio risultato della procedura utilizzata; i singoli valori delle coppie periodo-accelerazione spettrale sono riportati nella successiva tabella 4.2.

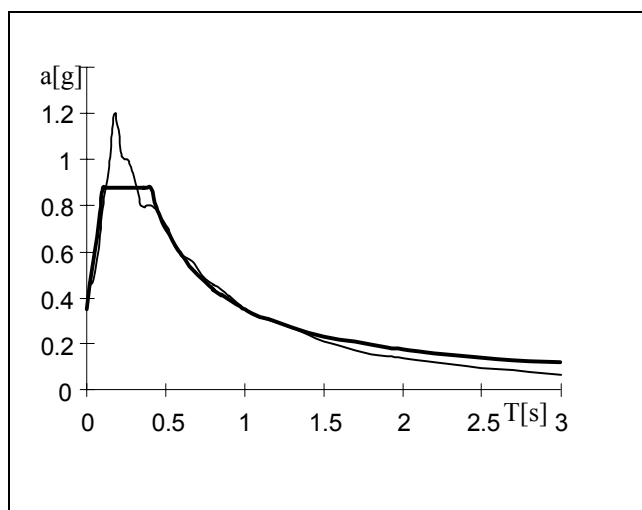


Fig. 4.2. - Confronto tra spettro di progetto medio dei 30 terremoti scalati e spettro dell'EC8 per terreno A e accelerazioni di picco pari a 0.35 g

Tab. 4.2 - Valori dello spettro medio dei trenta terremoti scalati

T [s]	accelerazione media [g]	T [s]	accelerazione media [g]	T [s]	accelerazione media [g]
0.02	0.4444	0.38	0.8019	0.95	0.3799
0.04	0.4766	0.4	0.8005	1	0.3500
0.06	0.5688	0.42	0.7912	1.1	0.3132
0.08	0.6723	0.44	0.7813	1.2	0.2913
0.1	0.7857	0.46	0.7600	1.3	0.2700
0.12	0.8728	0.48	0.7388	1.4	0.2404
0.14	0.9742	0.5	0.7150	1.5	0.2120
0.16	1.1330	0.52	0.6812	1.6	0.1926
0.18	1.2003	0.54	0.6464	1.7	0.1715
0.2	1.1270	0.56	0.6174	1.8	0.1553
0.22	1.0138	0.58	0.5957	1.9	0.1468
0.24	1.0004	0.6	0.5792	2	0.1380
0.26	0.9966	0.65	0.5655	2.2	0.1207
0.28	0.9648	0.7	0.5262	2.4	0.1033
0.3	0.9274	0.75	0.4787	2.6	0.0896
0.32	0.8626	0.8	0.4573	2.8	0.0766
0.34	0.8001	0.85	0.4356	3	0.0670
0.36	0.7912	0.9	0.4089		

5. CARATTERISTICHE DEI SISMI PRESELTITI

Tutte le informazioni ricavate e gli elementi caratteristici di ciascuno dei sismi del secondo gruppo, considerati nella procedura descritta, vengono riassunte sinteticamente in questo paragrafo e mostrate graficamente nelle pagine che seguono, in modo da poter costituire un chiaro e facilmente consultabile archivio.

Per ogni accelerogramma storico utilizzato sono riportate quattro pagine che lo definiscono completamente. Le sigle che individuano ciascuna registrazione sono quelle fornite dall'Enel.

Nella prima tabella sono riassunte le caratteristiche della componente sismica in oggetto, desunte dalle schede Enea-Enel che precedono i dati relativi alla registrazione accelerometrica. Sono riportate informazioni sul terremoto, quali il luogo e data in cui si è verificato, la sua durata, l'accelerazione di picco e la magnitudo, e informazioni legate alla registrazione, al tipo di strumento ed al suolo, quali lo smorzamento e la frequenza, il numero di punti forniti dall'accelerografo, la sua distanza epicentrale e quindi il codice indicante le caratteristiche dei terreni interessati, con i valori già indicati in precedenza.

Nella stessa pagina, insieme all'accelerogramma, sono diagrammati gli spettri di risposta in termini di spostamento, di velocità, di accelerazione e di energia di ingresso, quest'ultima adimensionalizzata rispetto alla massa e sotto radice quadrata e quindi dimensionalmente equivalente ad una velocità, per tre diversi valori dello smorzamento: 0, 5 e 10 %. Tali spettri sono stati ottenuti, come già illustrato, con un'analisi numerica secondo il procedimento di Newmark con passo temporale di integrazione pari a 0.01 s, per 53 valori del periodo.

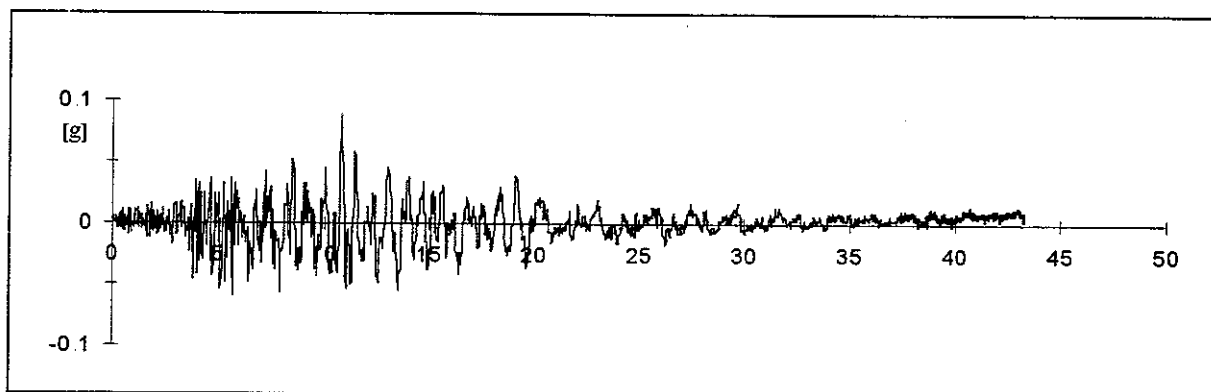
Nella tabella finale sono riportate le aree adimensionalizzate, parziali e totali, sottese agli spettri di accelerazione e di energia, relative ad uno smorzamento del 5%.

Nelle tre pagine successive sono illustrate le caratteristiche energetiche per smorzamento nullo, pari al 5% ed al 10%, rispettivamente. Gli spettri diagrammati rappresentano l'energia di ingresso e le sue tre componenti in regime elastico, ossia l'energia viscosa (naturalmente nulla per smorzamento pari a zero), l'energia elastica e quella cinetica. Sono, infine, illustrate le storie temporali delle energie, ossia l'andamento di queste nel tempo, per quattro valori definiti del periodo. Nelle figure compaiono l'energia di ingresso e quella viscosa, la somma delle energie elastica e cinetica è data dalla differenza tra le due.

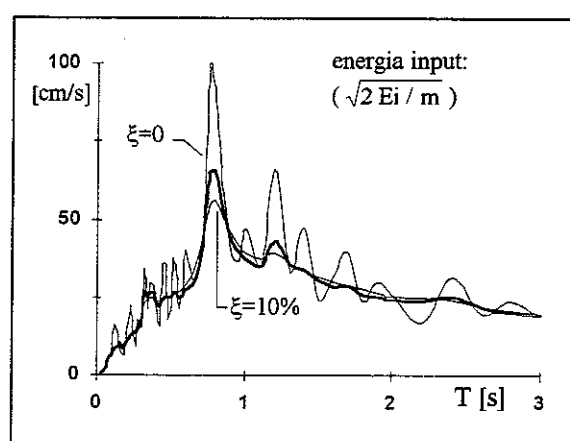
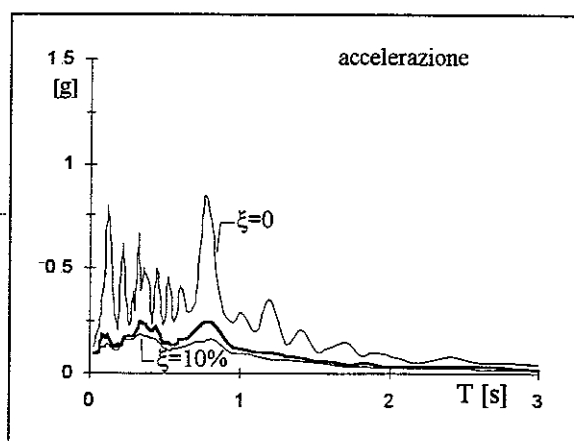
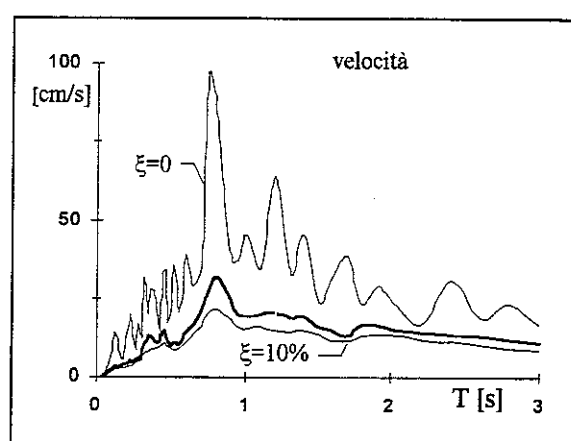
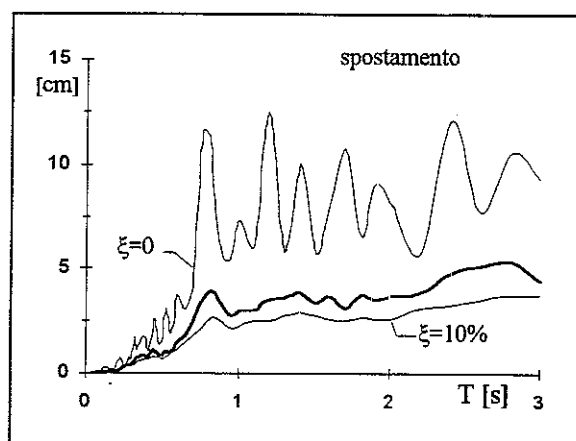
0032 TERREMOTO FRIULI - CODROIPO 06.05.1976

reg.	ora	durata [s]	comp	PGA [g]	T(PGA) [s]	smorz	ω [Hz]	file	n.p.	M	dist.ep. [Km]	sito
ENEA	20.00.13	43.278	E.W.	0.0879	10.788	0.50	21.50	M200032	17752	6.2	40.7	2/601

m32 ew - accelerogramma

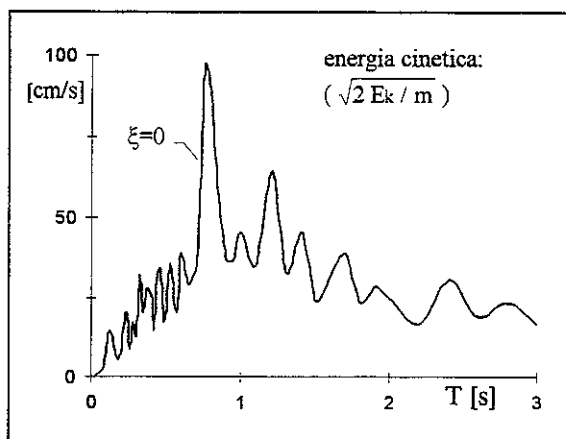
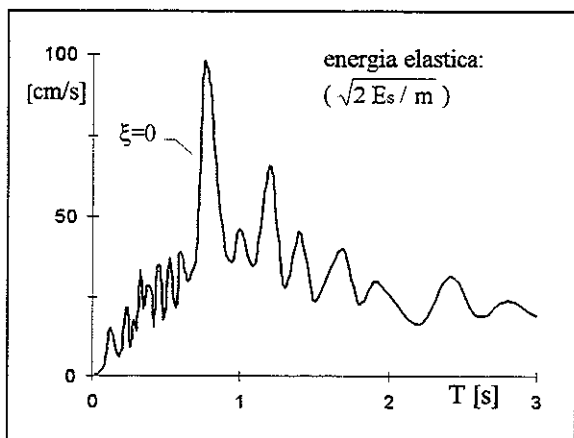
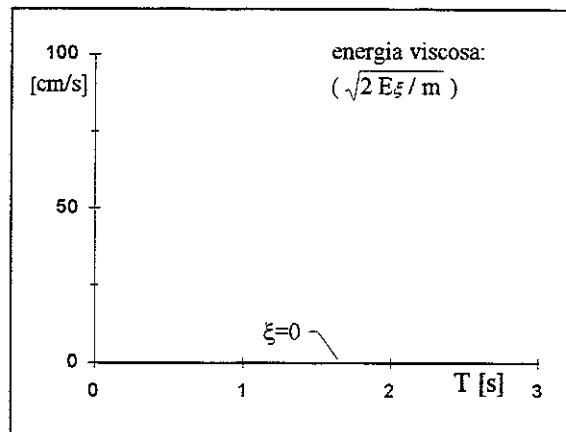
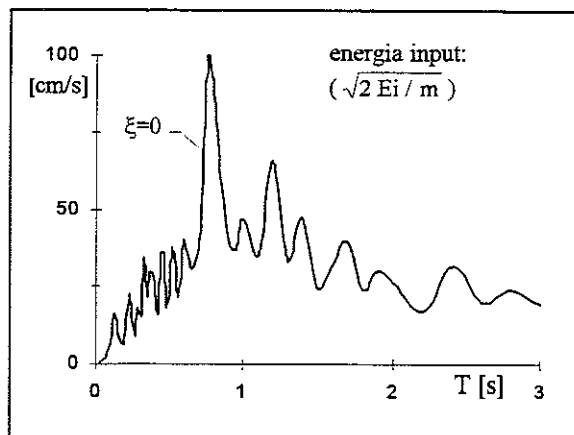


m32 ew - spettri

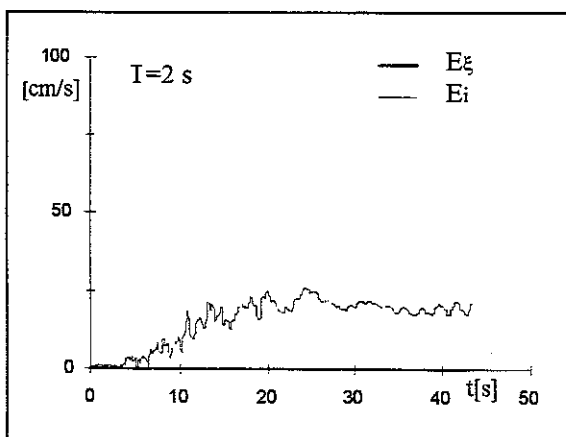
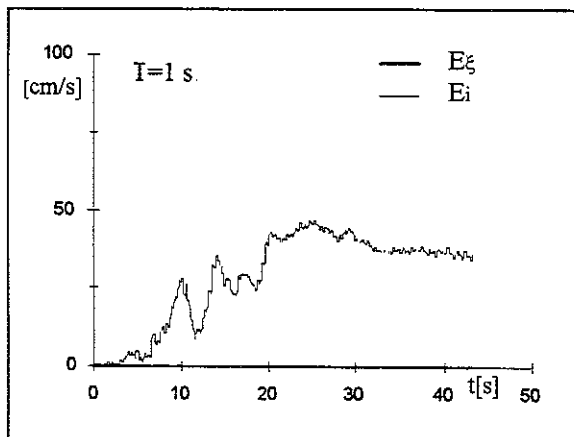
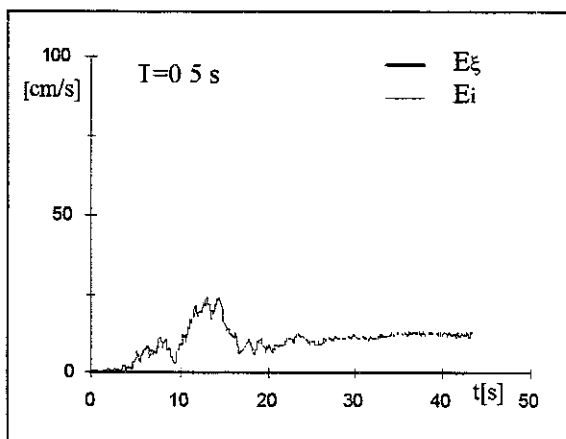
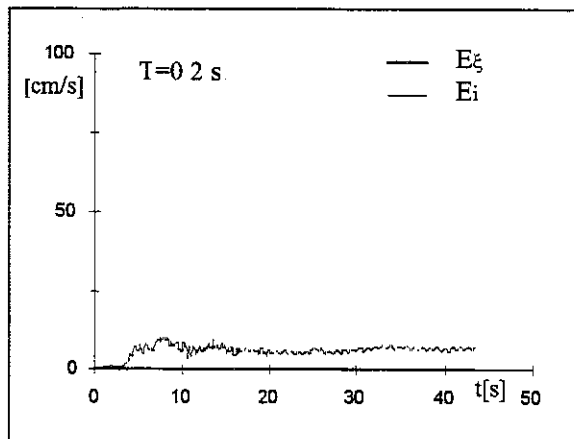


accelerazione/pga							media su intervalli ΔT ($\xi=5\%$)							energia/(pga/ ω)			
0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0
1.948	2.038	1.025	0.533	0.381	0.310	1.039	4.365	11.03	9.080	6.761	6.551	4.582	7.447				

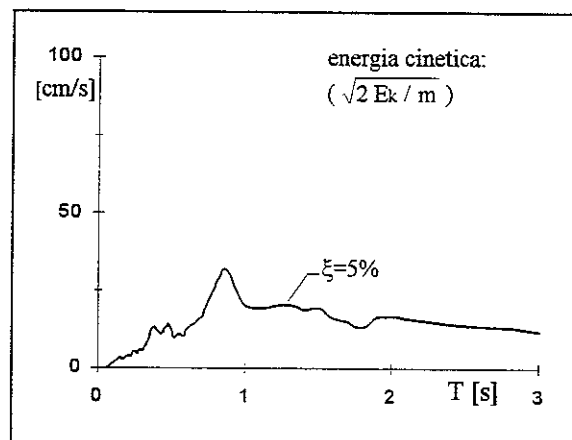
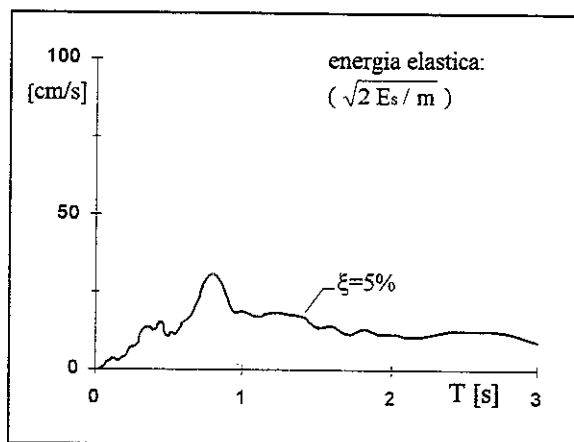
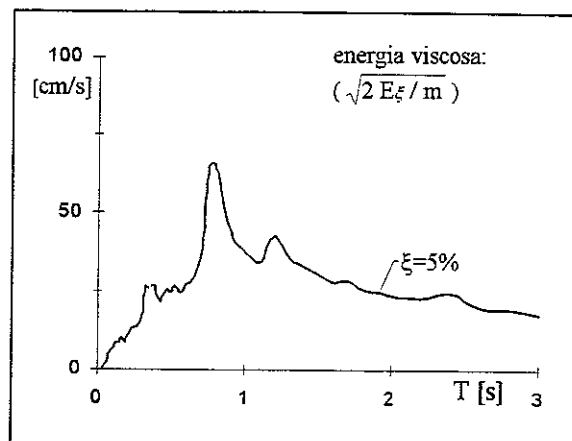
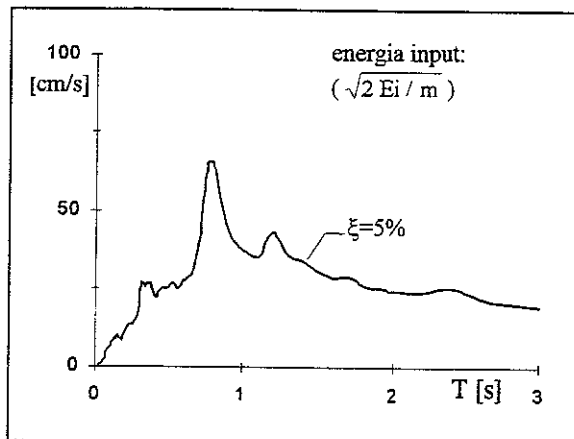
m32 ew - smorzamento 0 - energie



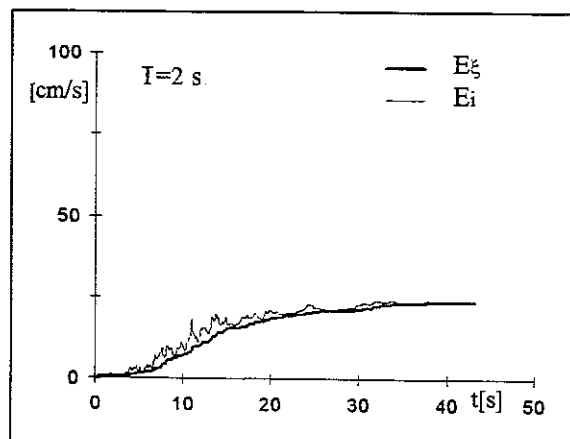
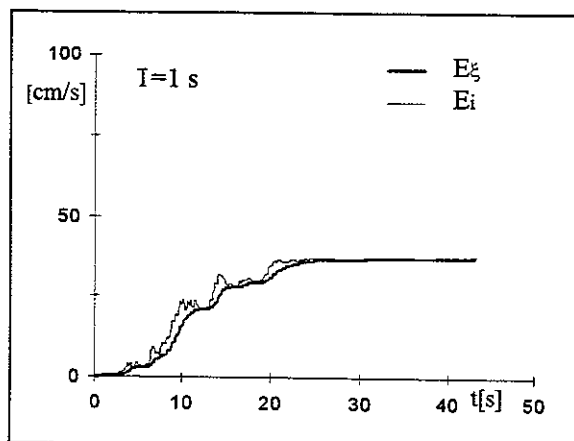
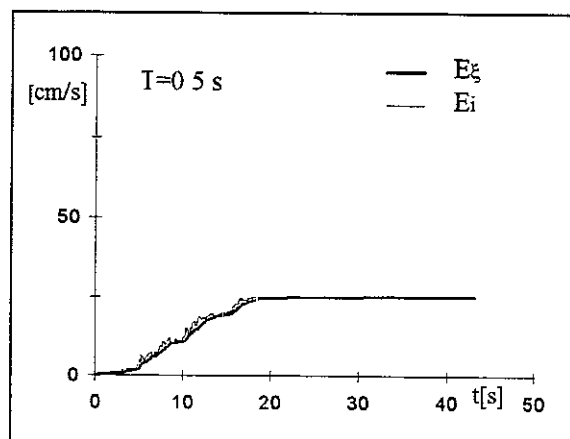
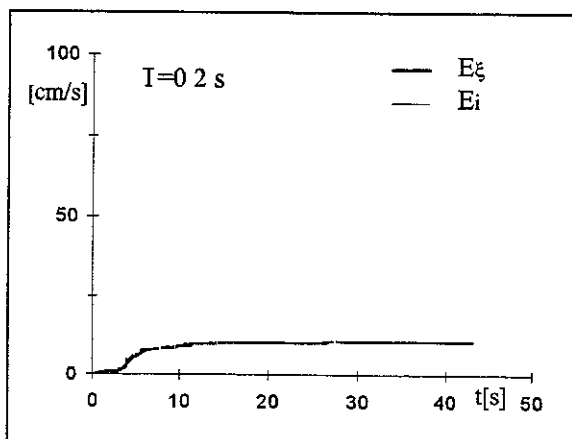
m32 ew - smorzamento 0 - storia temporale delle energie



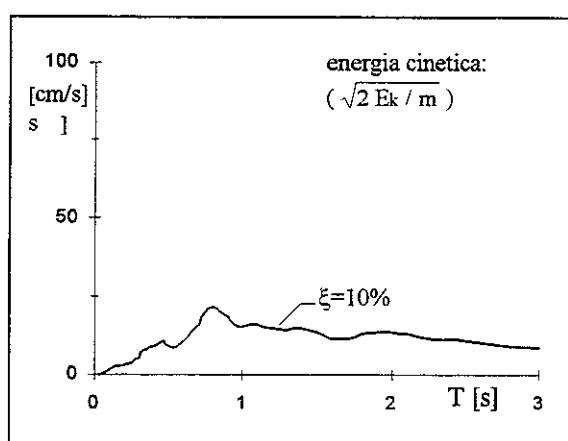
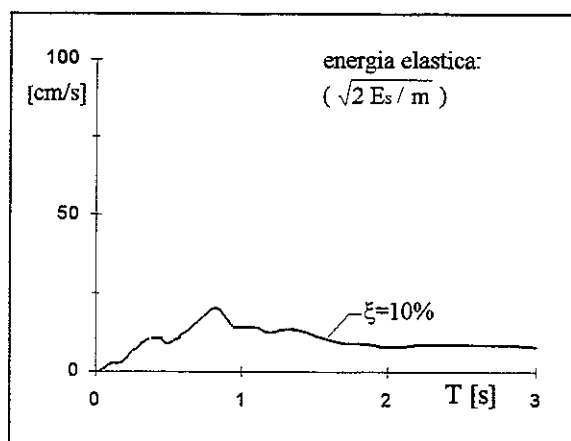
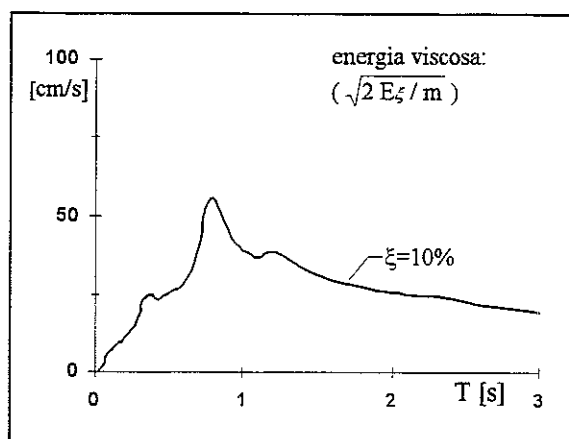
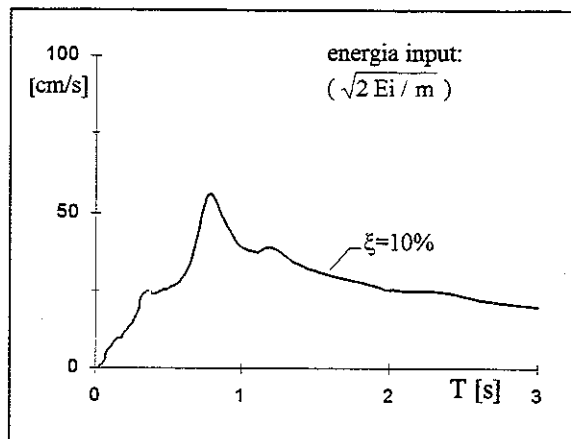
m32 ew - smorzamento 5% - energie



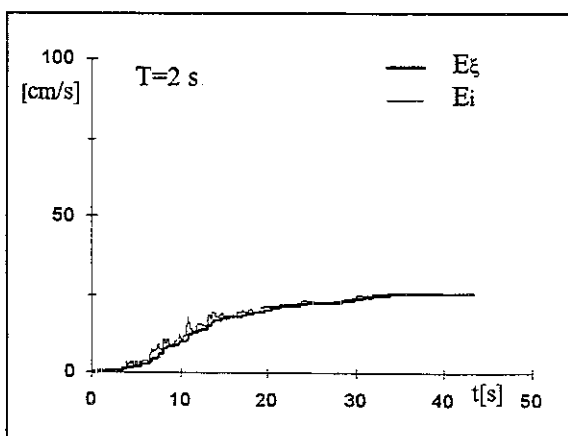
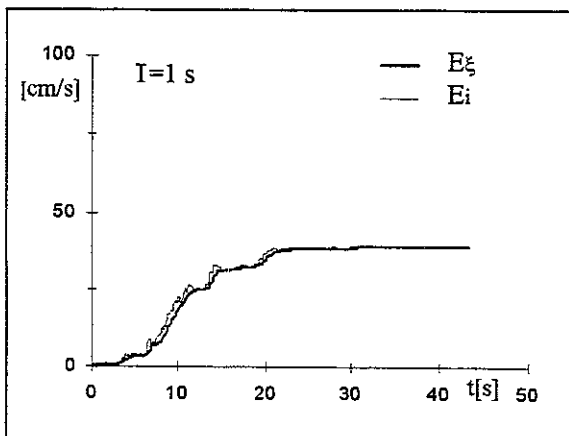
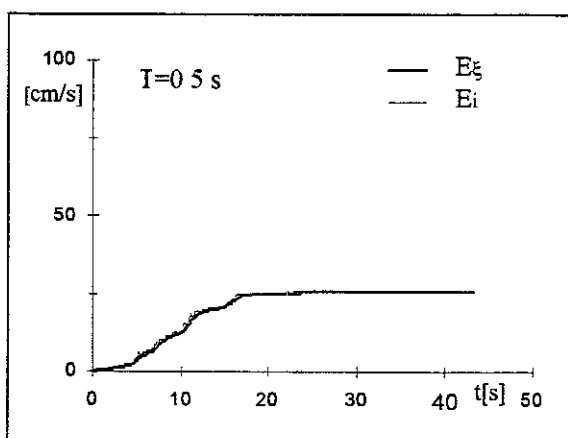
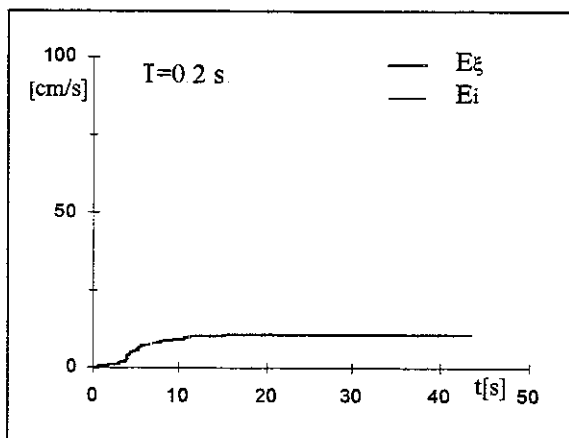
m32 ew - smorzamento 5% - storia temporale delle energie



m32 ew - smorzamento 10% - energie



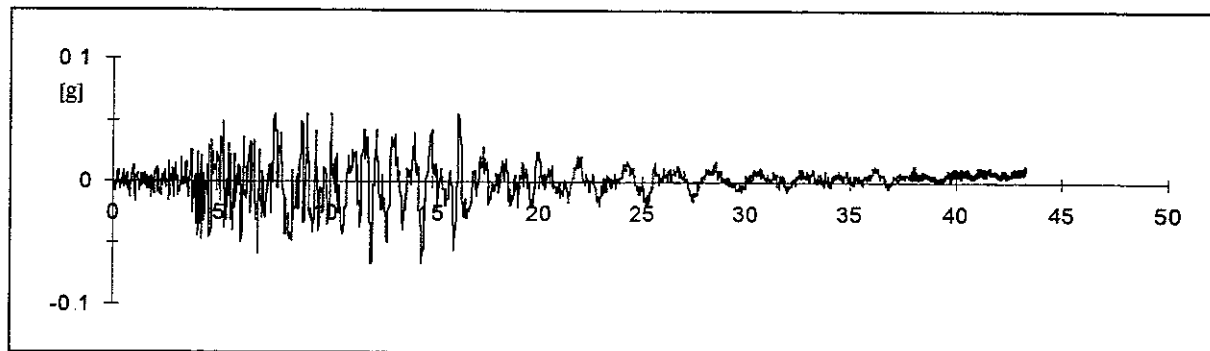
m32 ew - smorzamento 10% - storia temporale delle energie



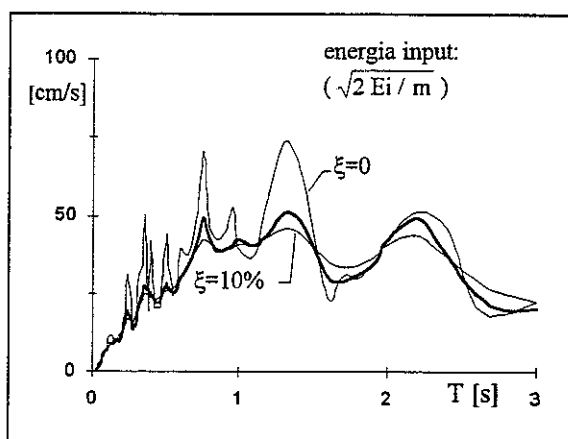
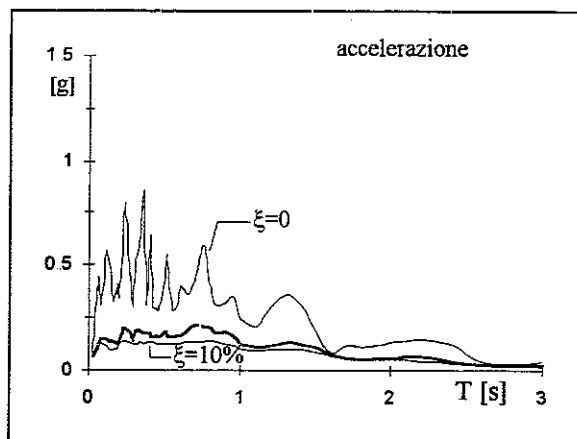
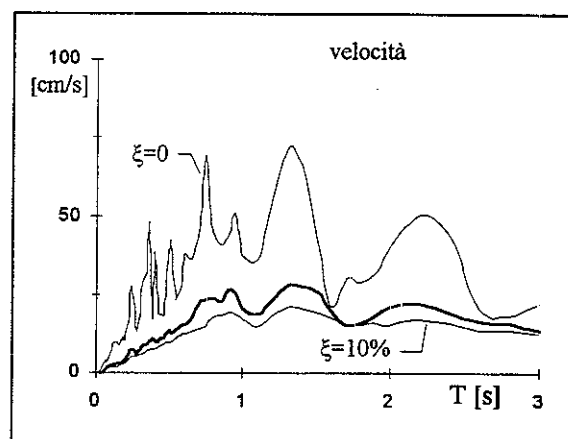
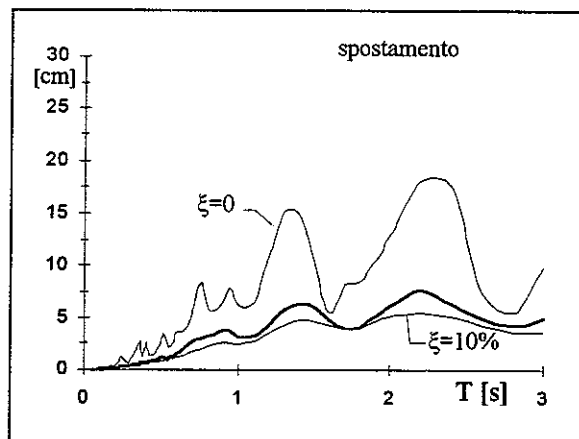
0032 TERREMOTO FRIULI - CODROIPO 06.05.1976

reg.	ora	durata [s]	comp	PGA [g]	t(PGA) [s]	smorz	ω [Hz]	file	n.p.	M	dist.ep. [Km]	sito
ENEA	20.00.13	43.270	N.S.	-0.0664	12.160	0.52	21.60	M200032	17749	6.2	40.7	2/601

m32 ns - accelerogramma

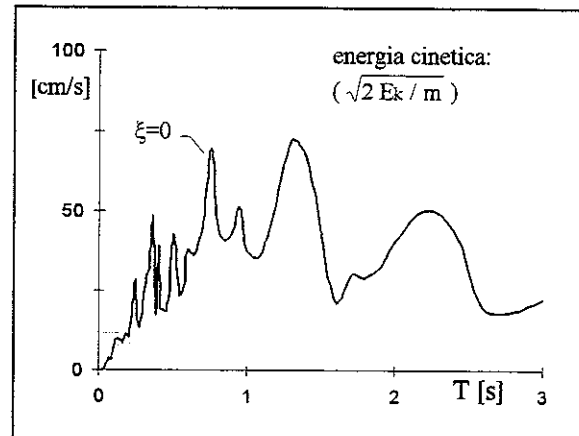
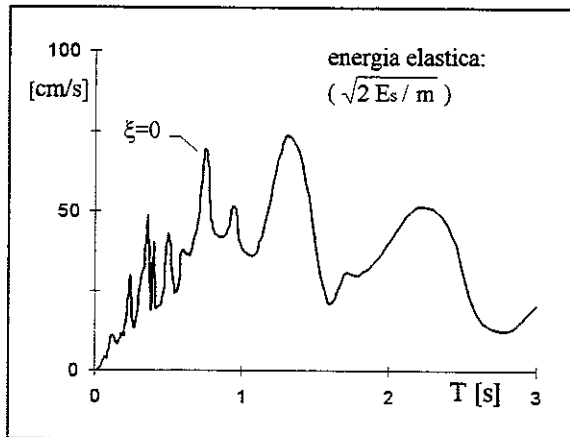
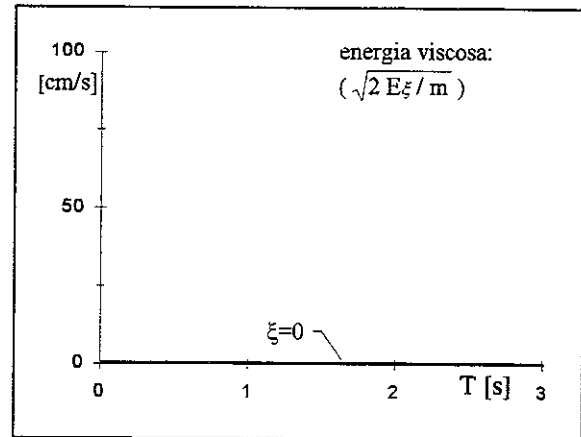
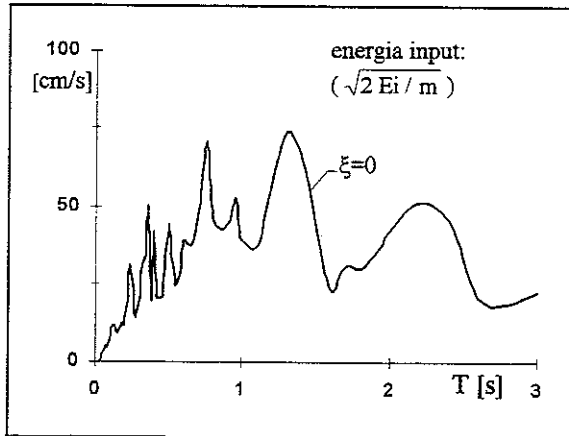


m32 ew - spettri

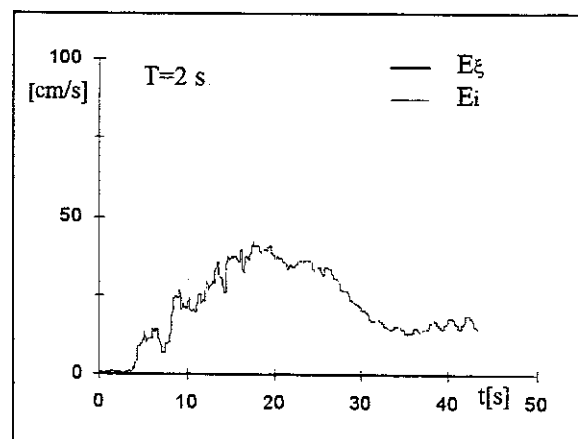
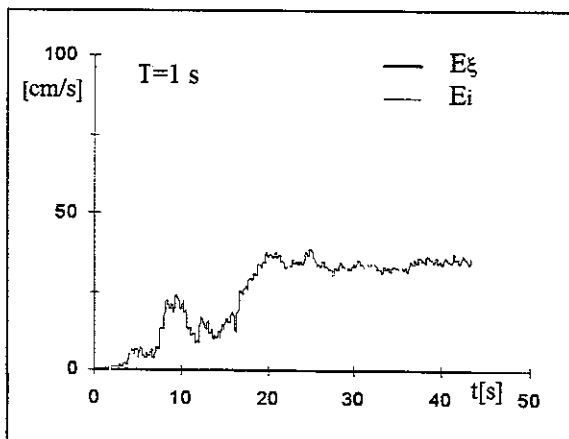
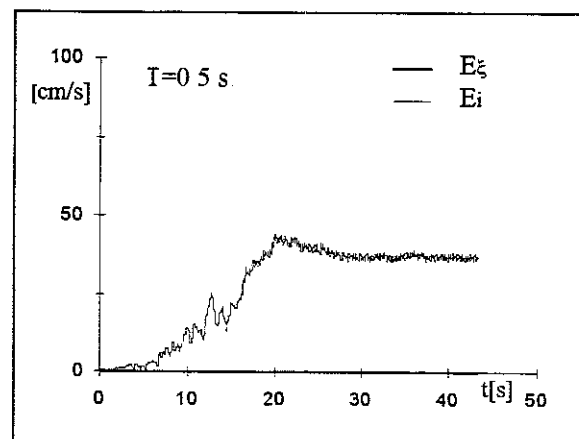
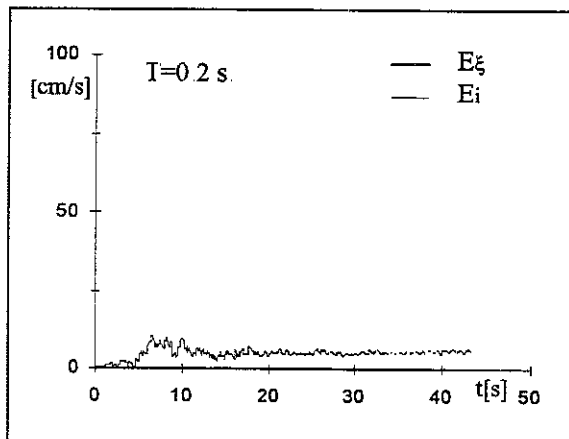


accelerazione/pga							media su intervalli ΔT ($\xi=5\%$)							energia/(pga/ ω)			
0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0
2.328	2.755	1.839	0.963	0.827	0.387	1.517	5.818	12.62	15.80	11.06	14.89	14.00	11.56				

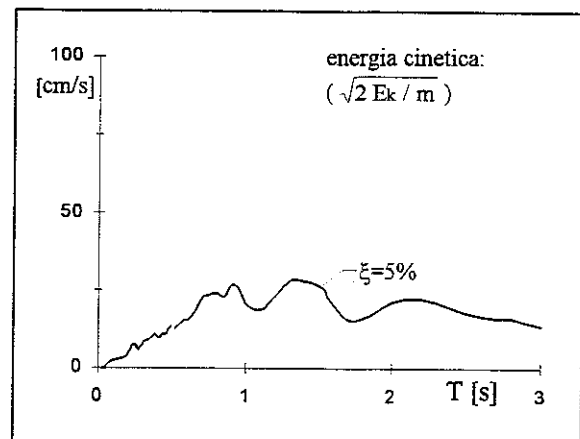
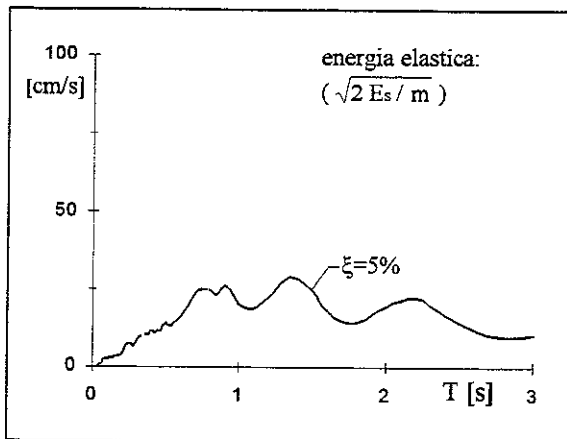
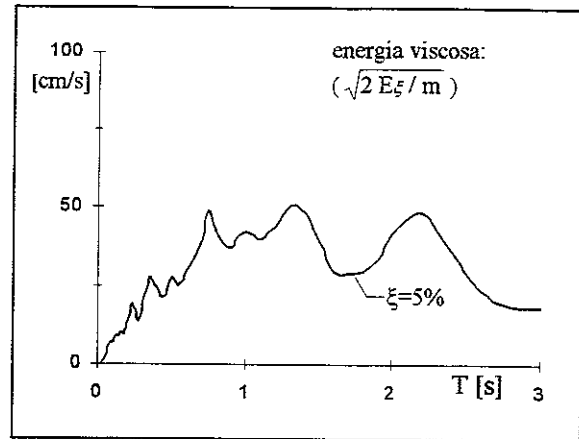
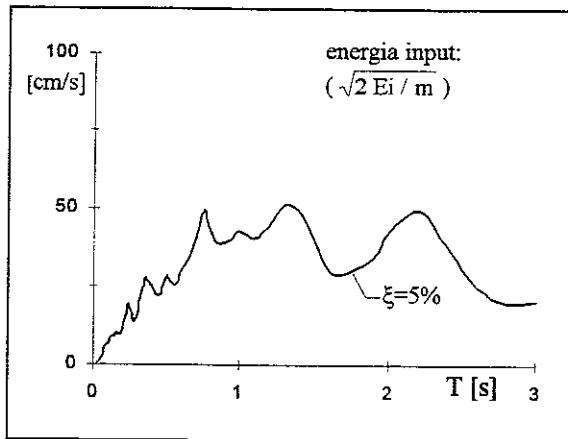
m32 ns - smorzamento 0 - energie



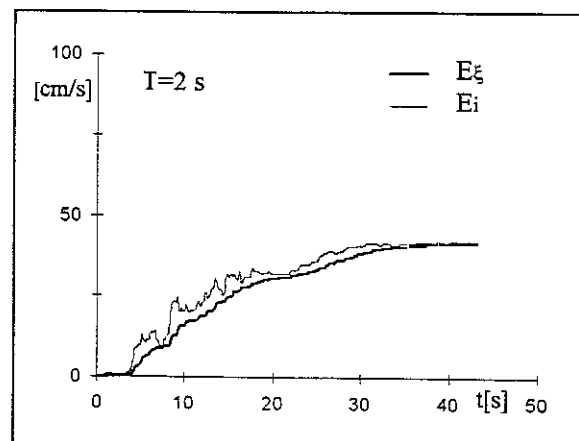
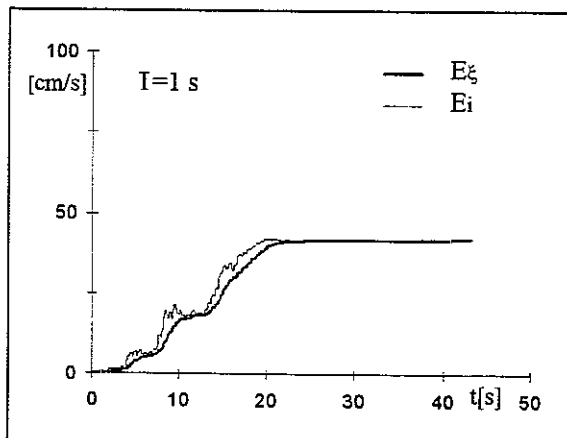
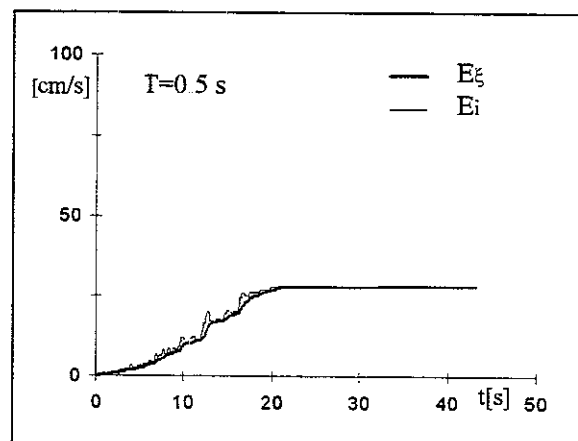
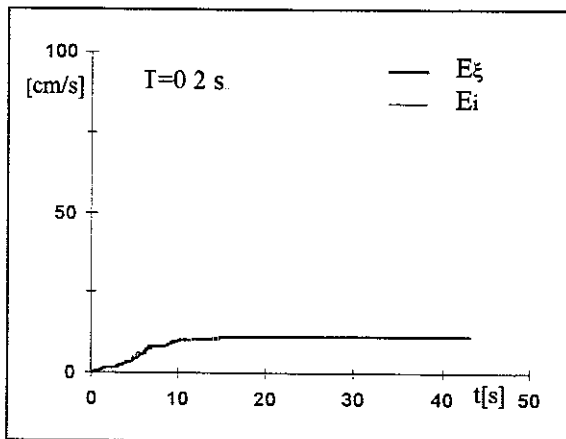
m32 ns - storia temporale delle energie



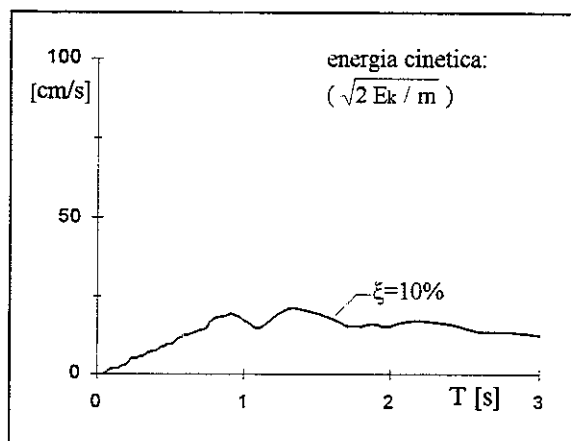
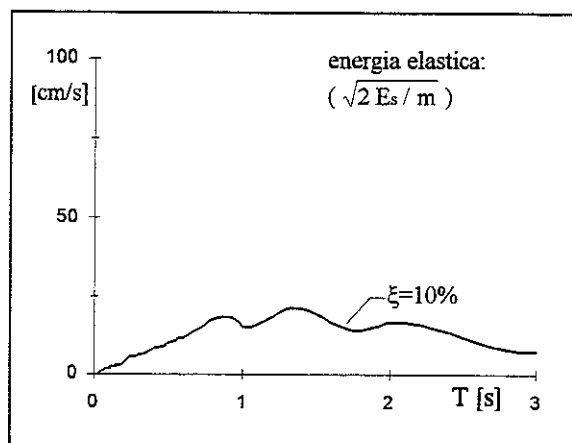
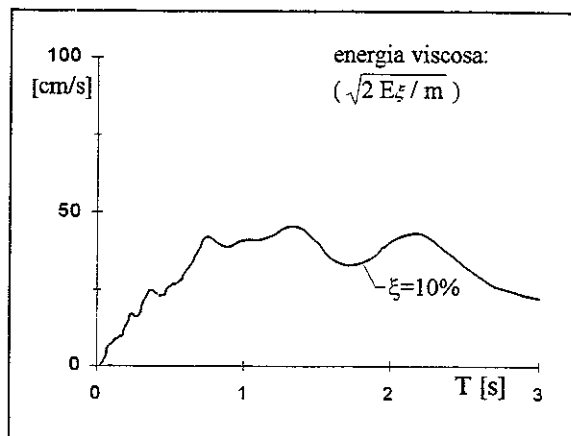
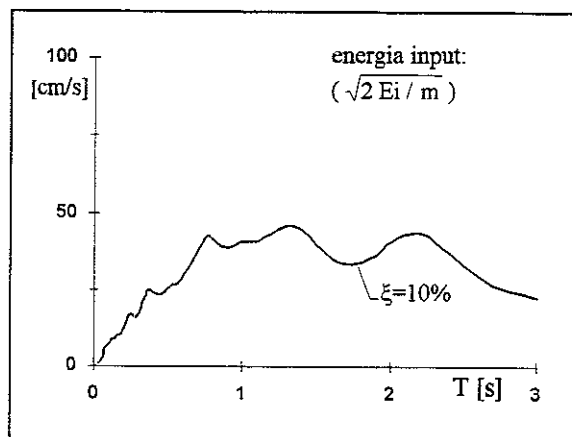
m32 ns - smorzamento 5% - energie



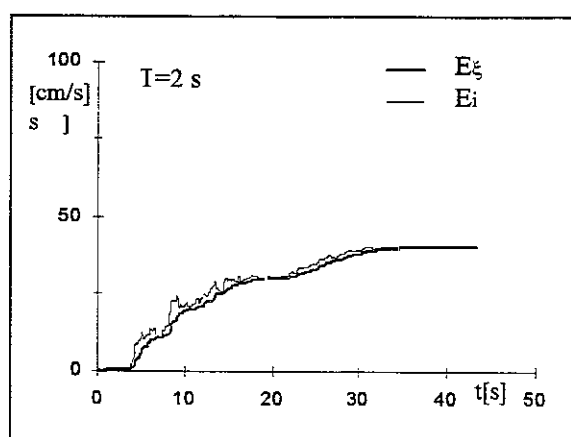
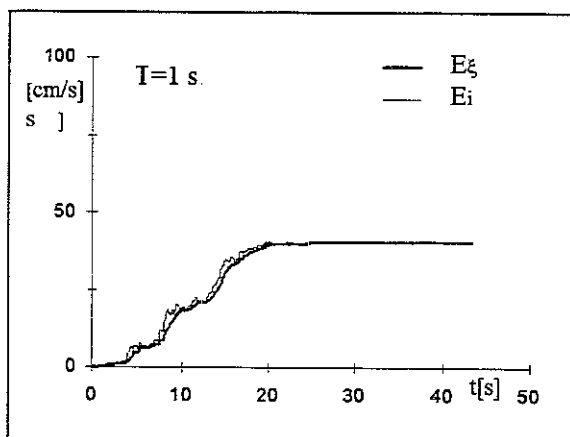
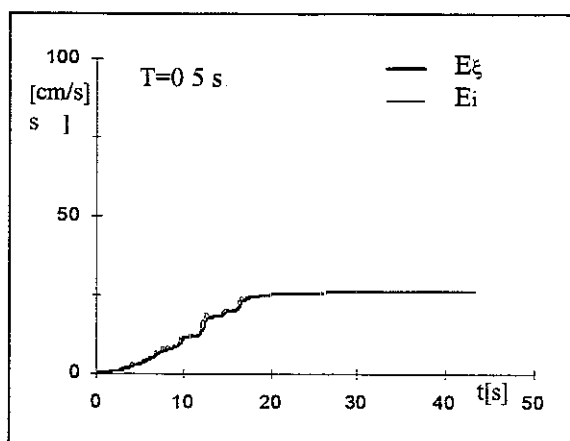
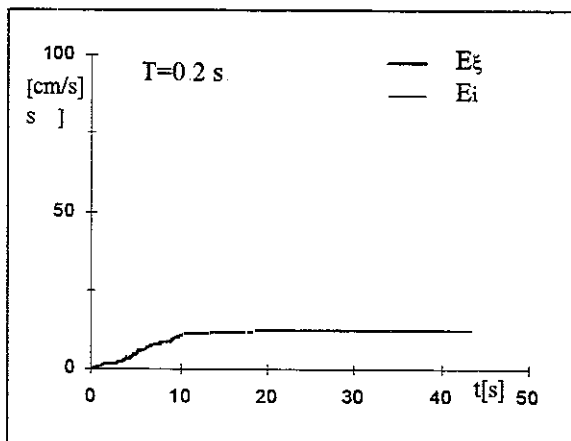
m32 ns - smorzamento 5% - storia temporale delle energie



m32 ns - smorzamento 10% - energie



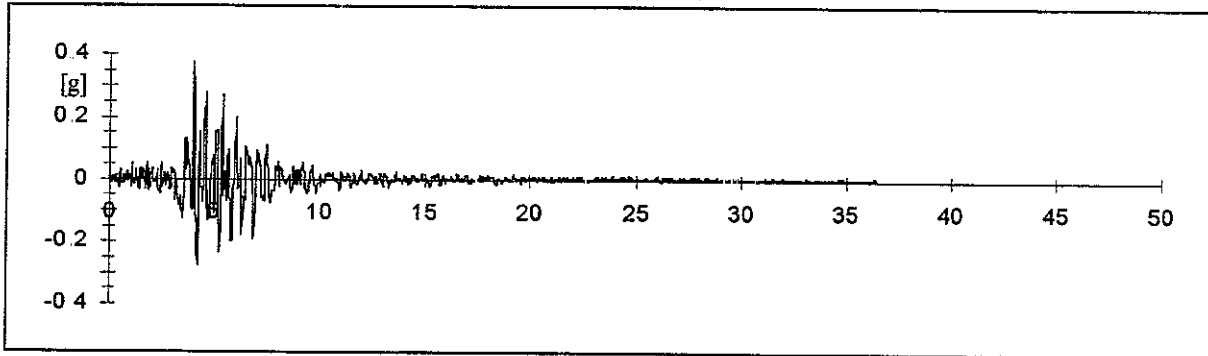
m32 ns - smorzamento 10% - storia temporale delle energie



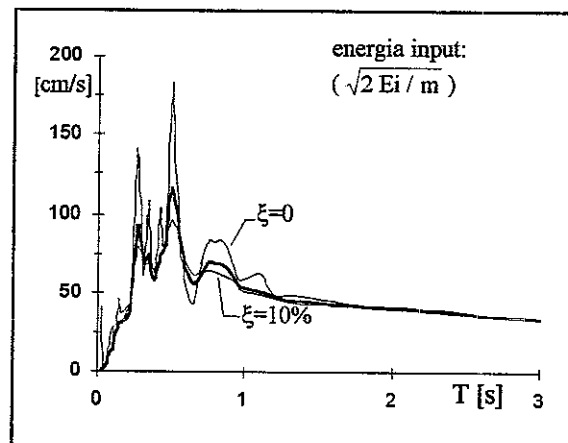
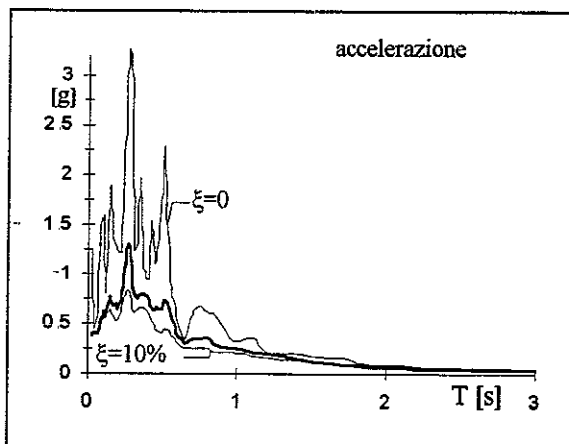
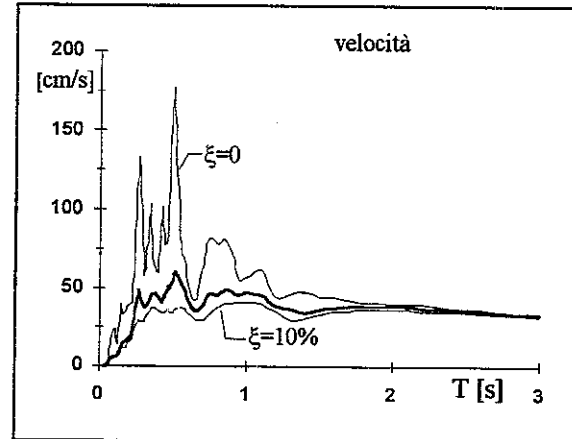
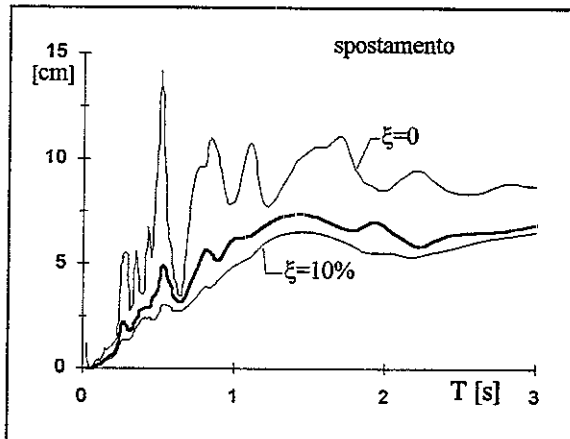
0038 TERREMOTO FRIULI - TOLMEZZO 06.05.1976

reg.	ora	durata [s]	comp	PGA [g]	t(PGA) [s]	smorz	ω [Hz]	file	n p.	M	dist.ep. [Km]	sito
ENEA	20.00.13	36.356	N.S.	0.3663	4.035	0.52	22.30	M200038	14913	6.2	24.4	1/601

m38.ns - accelerogramma

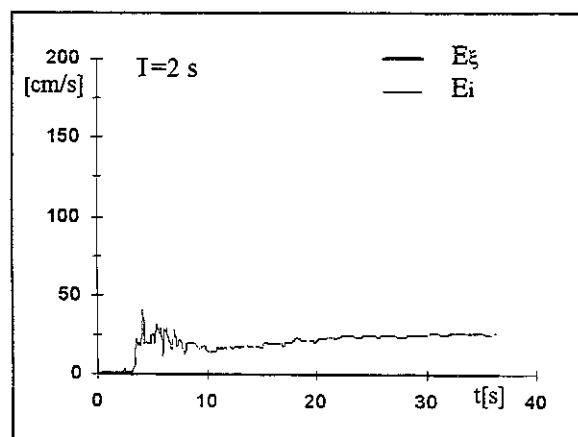
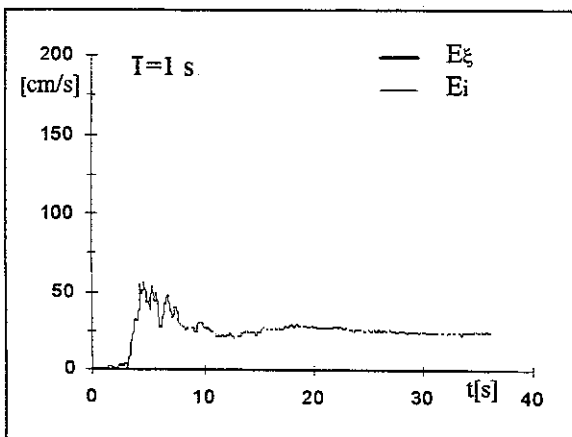
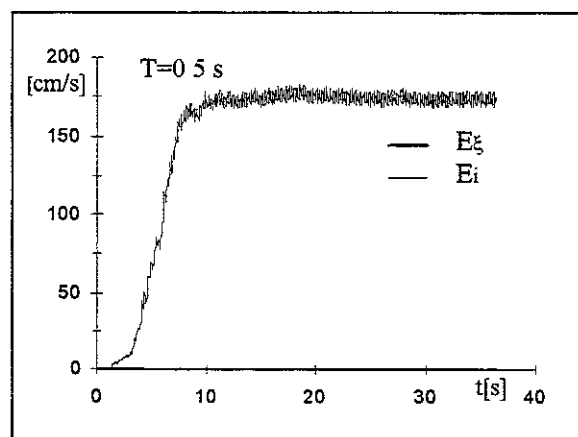
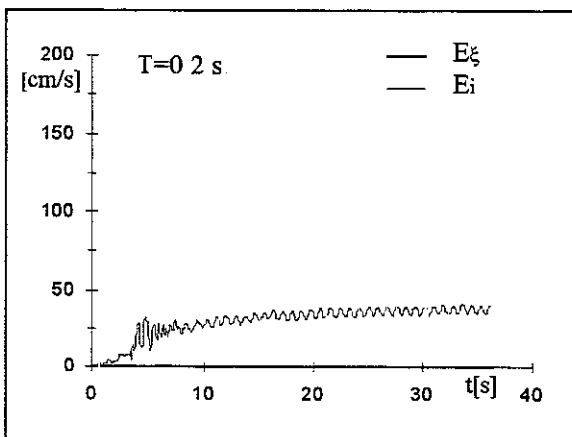
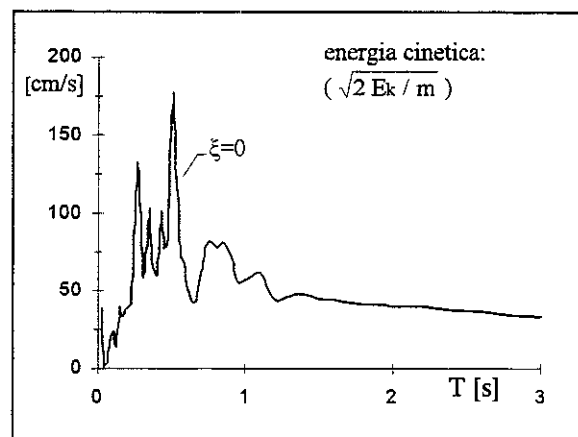
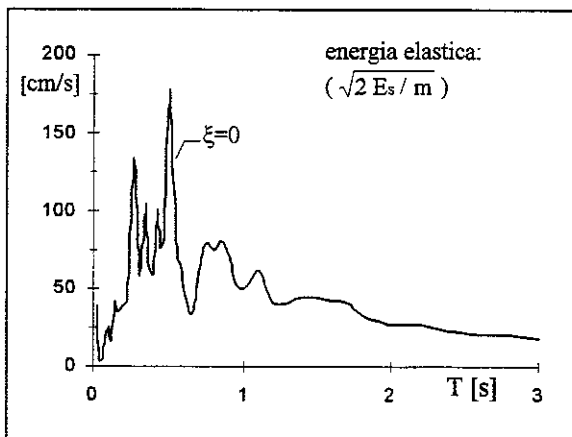
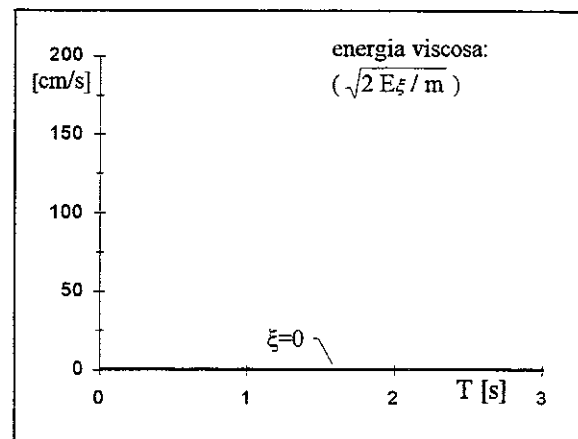
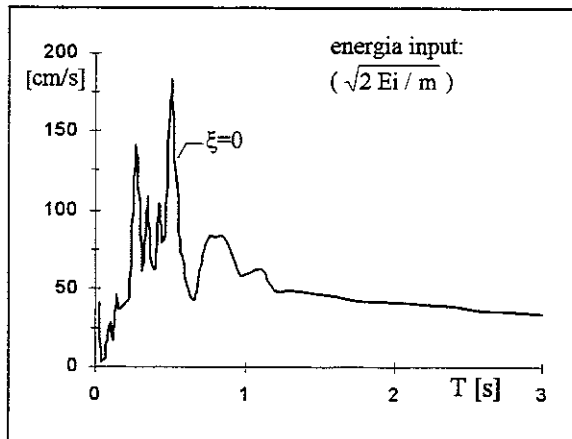


m38.ns - spettri

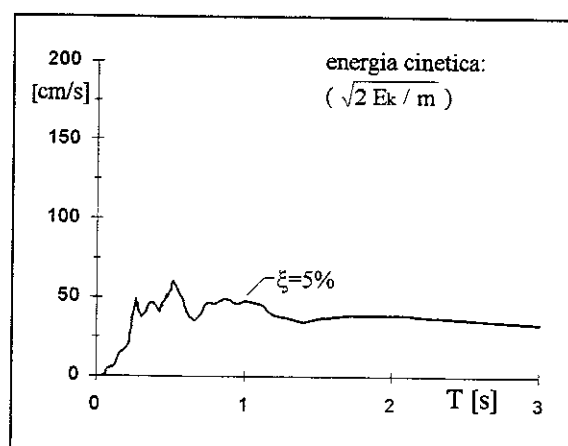
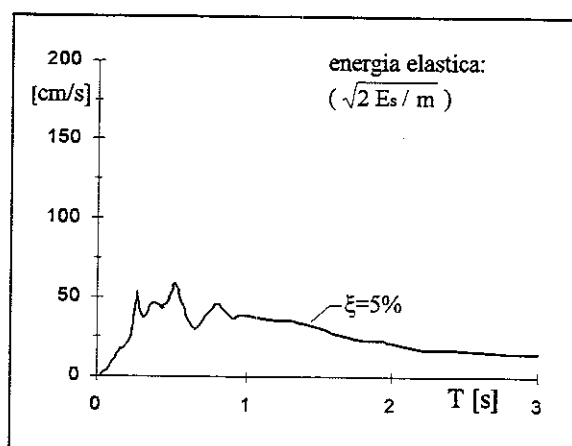
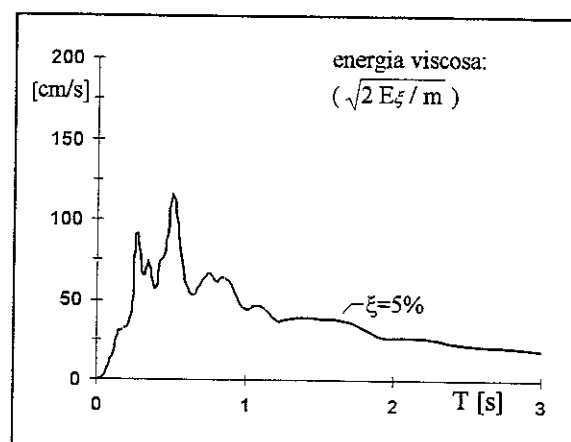
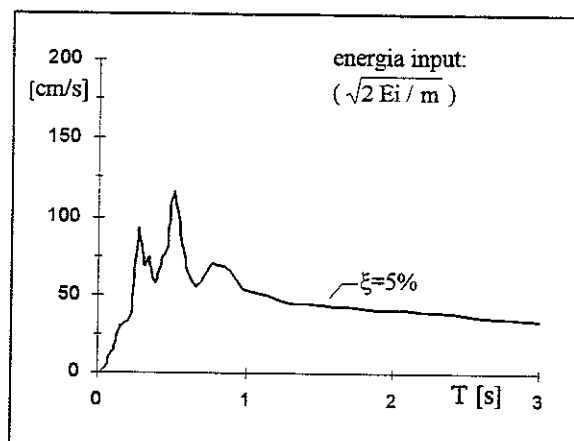


accelerazione/pga							media su intervalli ΔT ($\xi=5\%$)							energia/(pga/ ω)			
0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0
1.893	0.999	0.500	0.254	0.139	0.097	0.647	3.681	4.318	2.956	2.621	2.619	1.963	3.123				

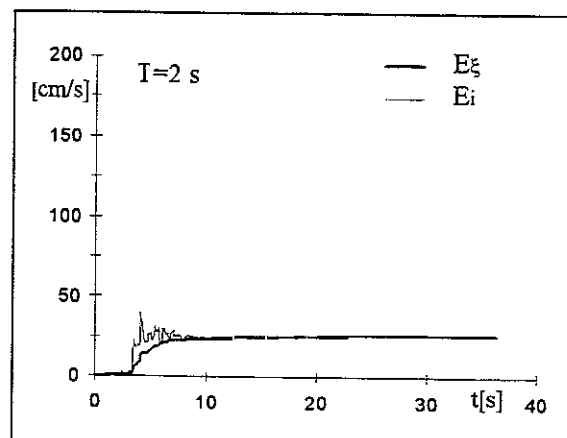
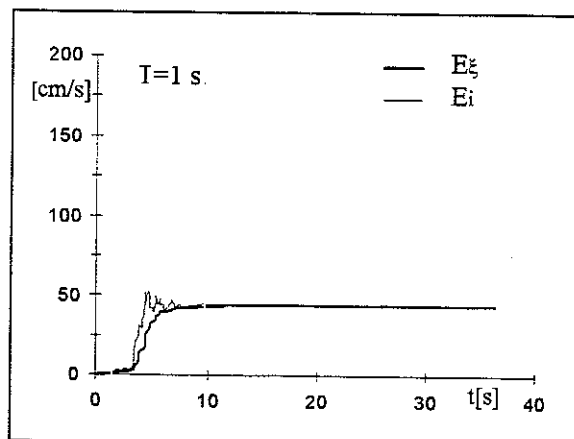
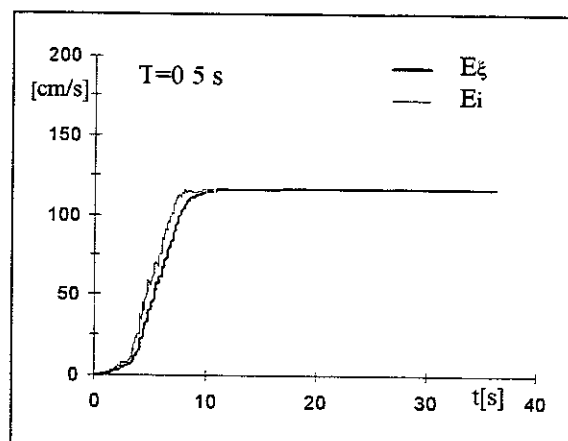
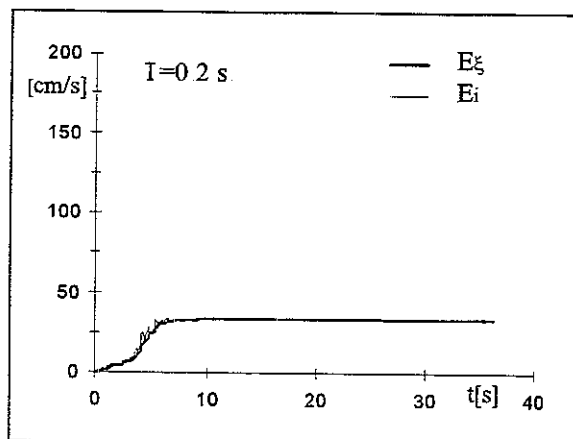
m38 ns - smorzamento 0 - energie



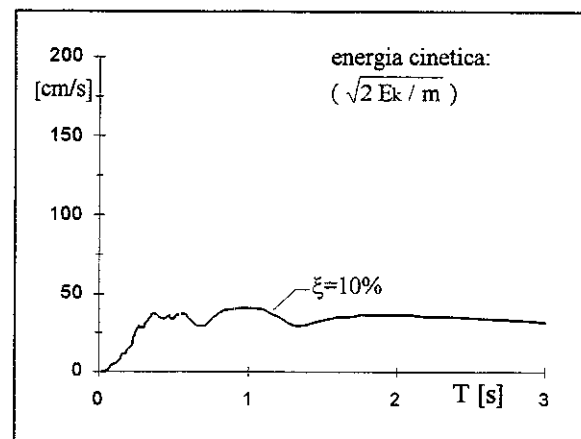
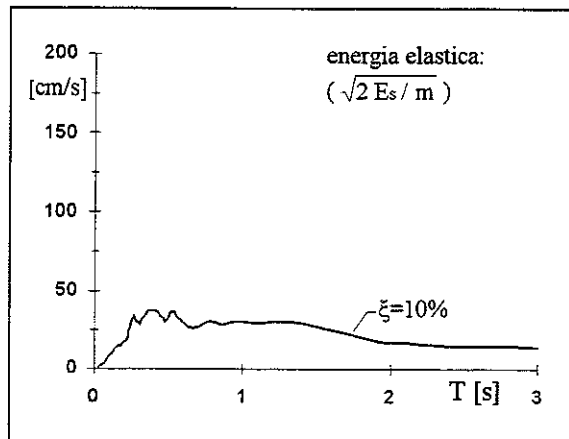
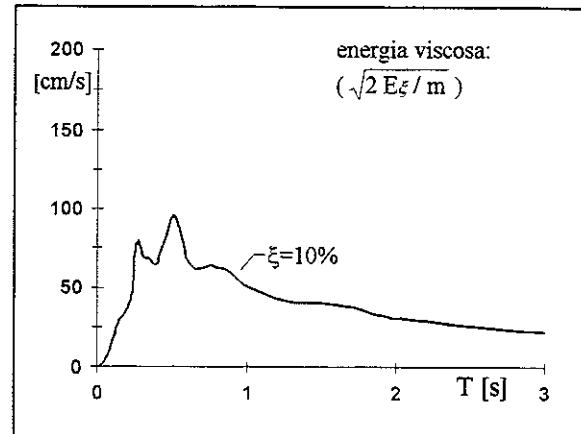
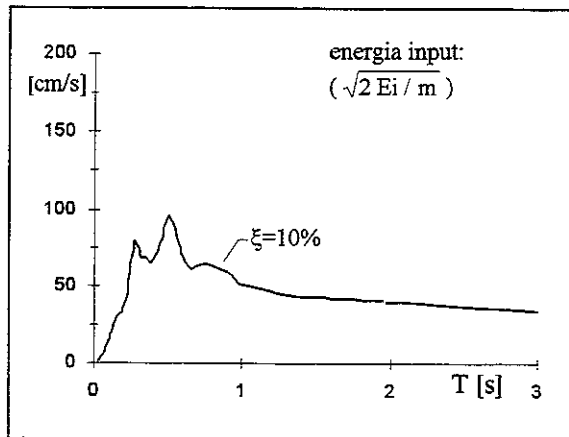
m38 ns - smorzamento 5% - energie



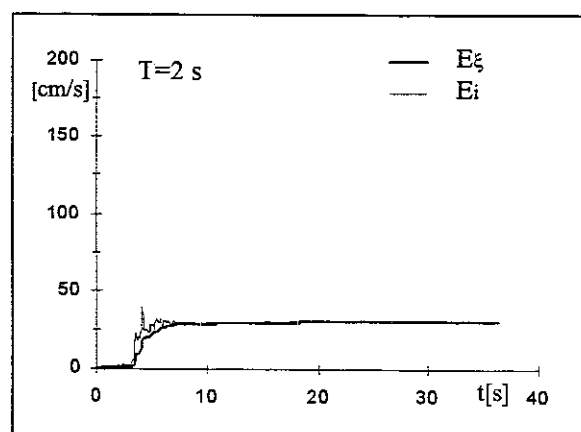
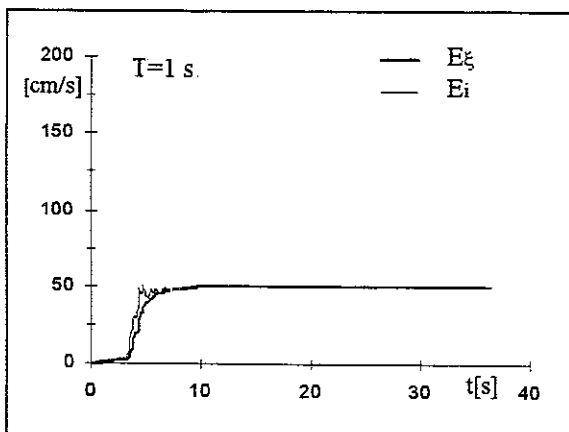
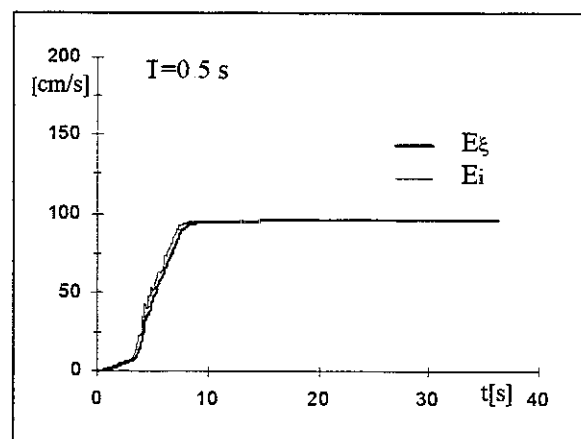
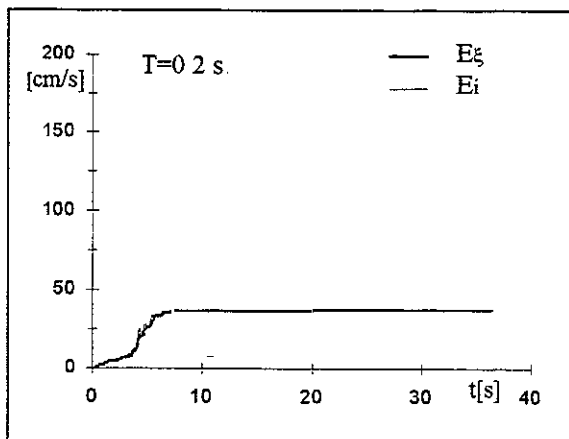
m38 ns - smorzamento 5% - storia temporale delle energie



m38 ns - smorzamento 10% - energie



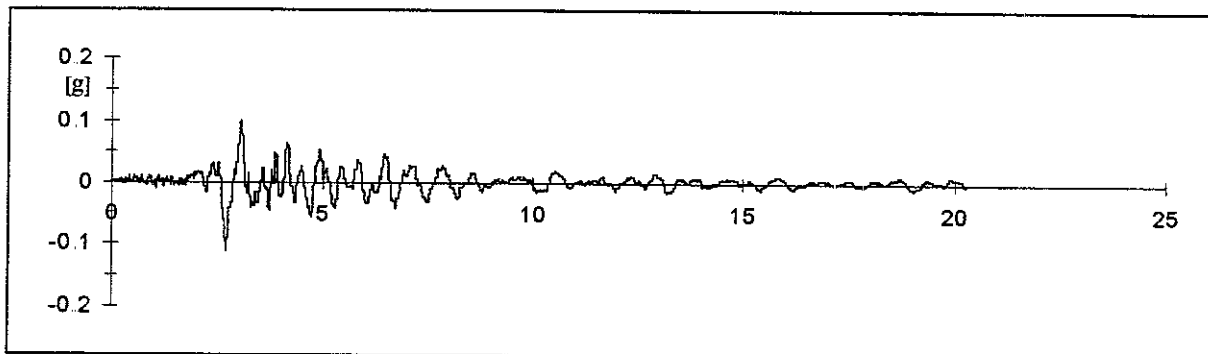
m38 ns - smorzamento 10% - storia temporale delle energie



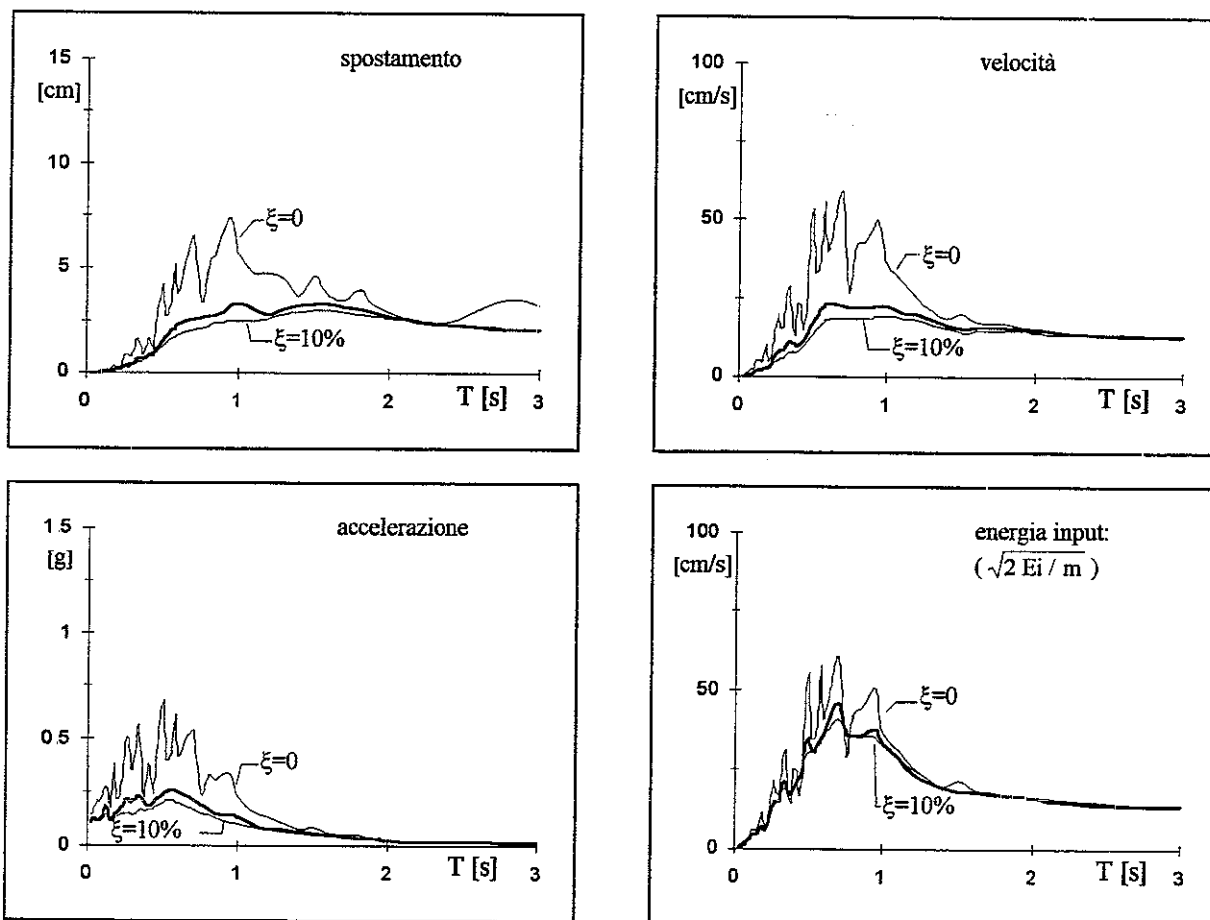
00143 TERREMOTO FRIULI - BUJA 11.09.1976

reg.	ora	durata [s]	comp	PGA [g]	t(PGA) [s]	smorz	ω [Hz]	file	n.p.	M	dist.ep. [Km]	sito
ENEA	16.35.01	20.252	E.W.	-0.1096	2.178	0.60	26.40	M200143	8307	5.9	12.6	2/701

m143 ew - accelerogramma

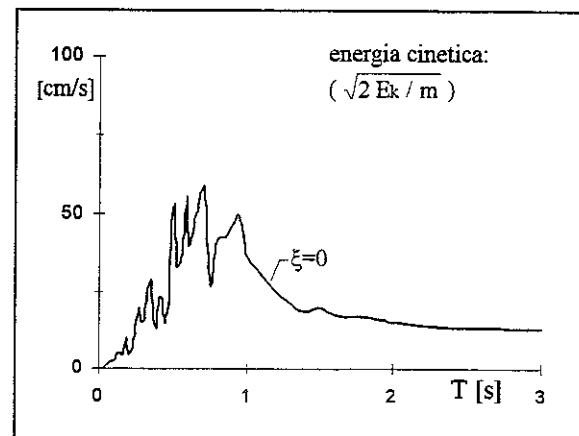
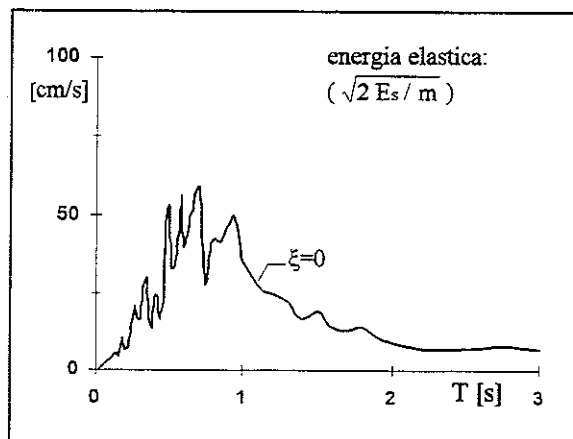
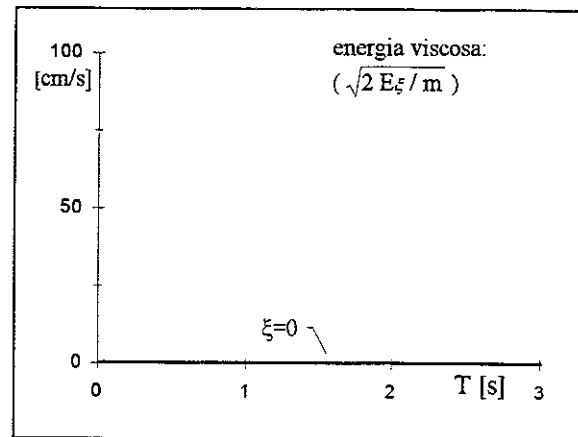
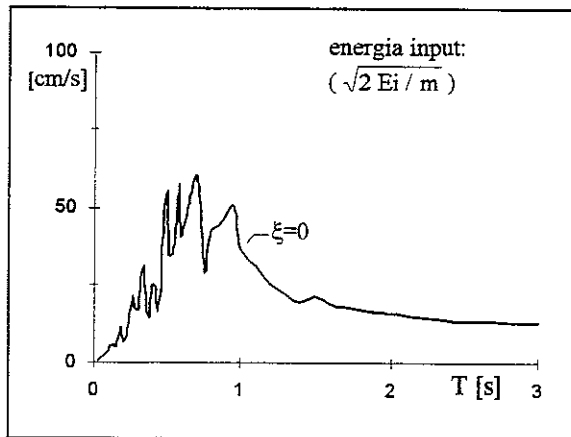


m143 ew - spettri

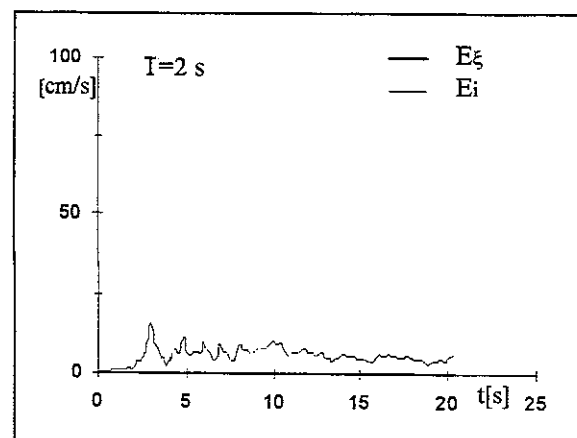
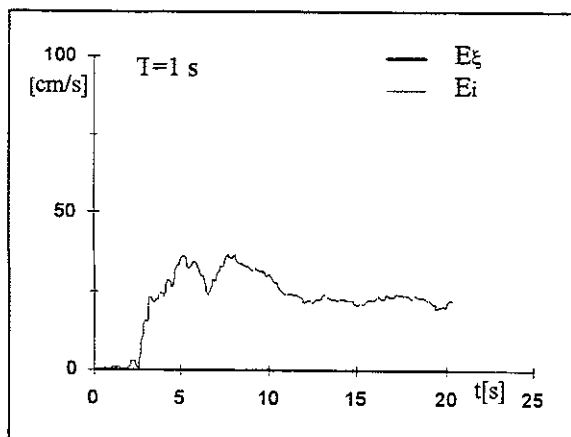
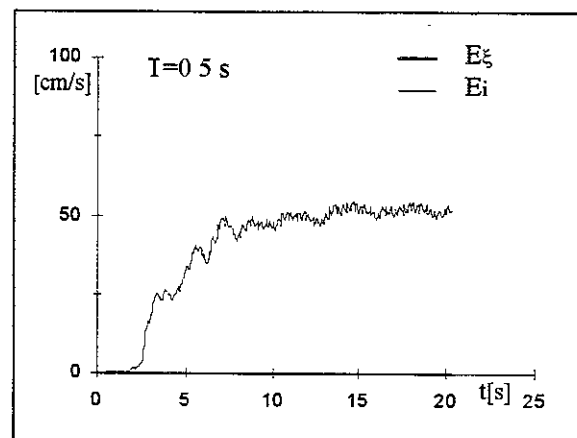
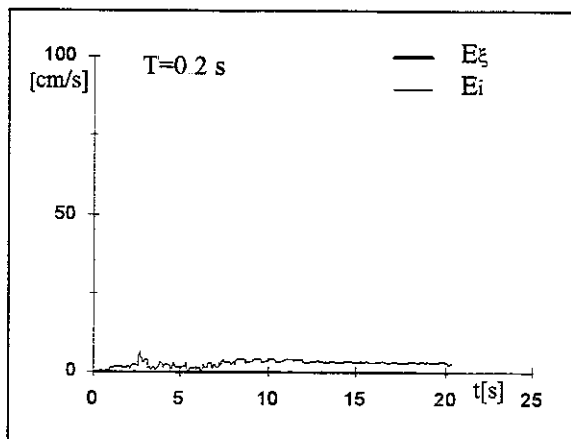


accelerazione/pga							media su intervalli ΔT ($\xi=5\%$)							energia/(pga/ ω)			
0 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 1.5	1.5 - 2.0	2.0 - 2.5	2.5 - 3.0	0 - 3.0	0 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 1.5	1.5 - 2.0	2.0 - 2.5	2.5 - 3.0	0 - 3.0	0 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 1.5	1.5 - 2.0
1.604	1.776	0.764	0.382	0.182	0.107	0.802	3.831	9.187	5.929	5.929	3.926	2.967	5.417				

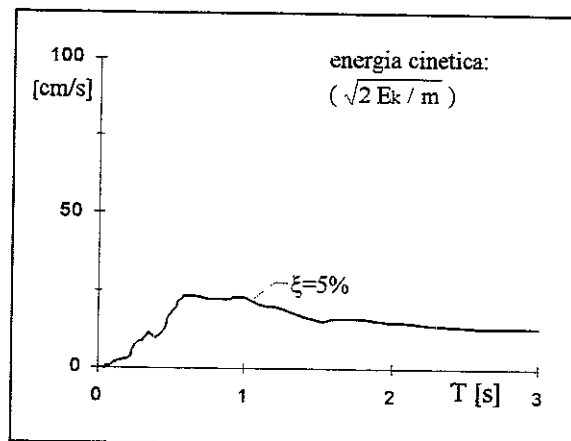
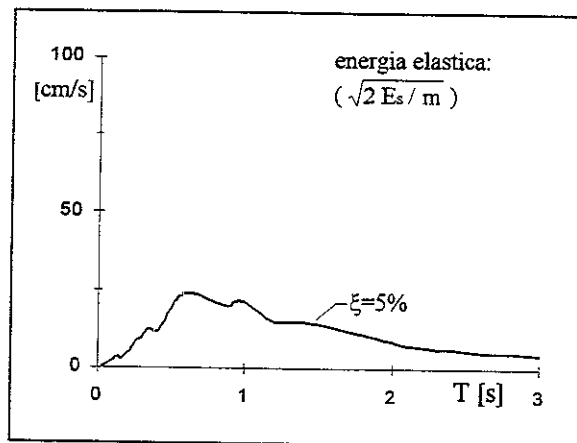
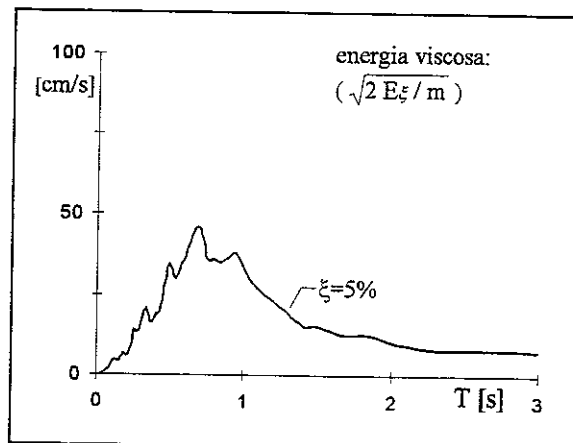
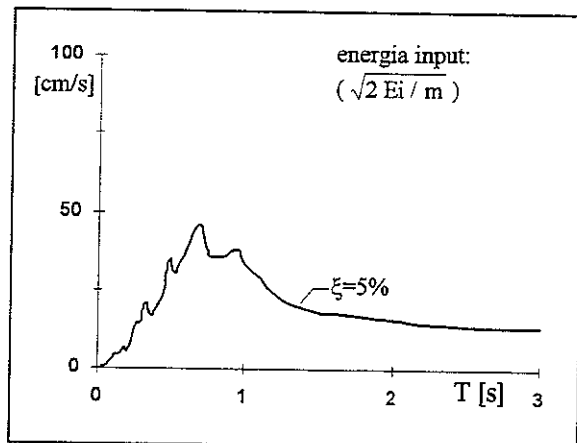
m143 ew - smorzamento 0 - energie



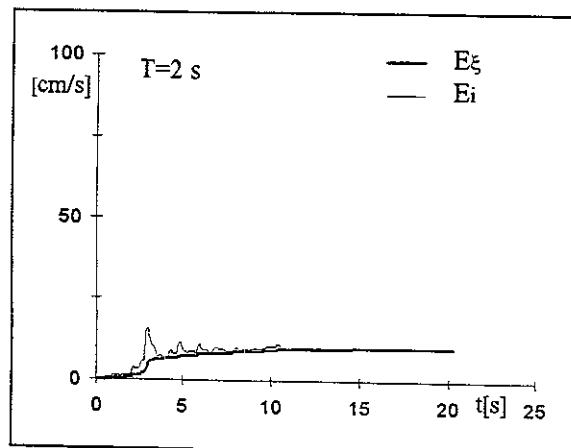
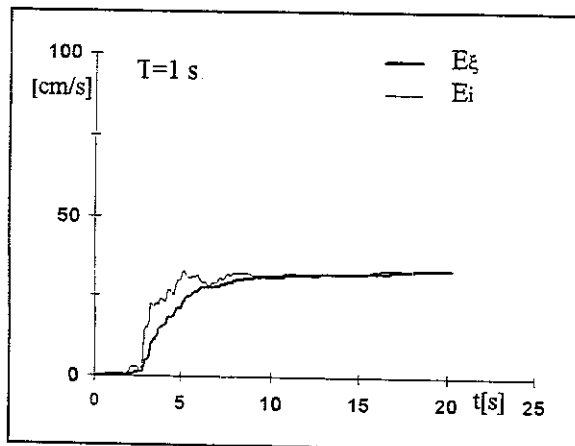
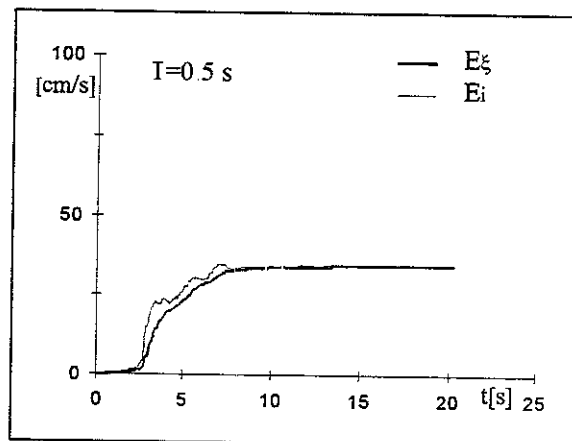
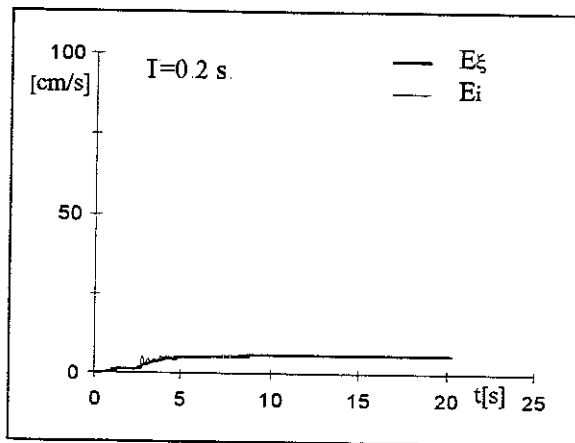
m143 ew - smorzamento 0 - storia temporale delle energie



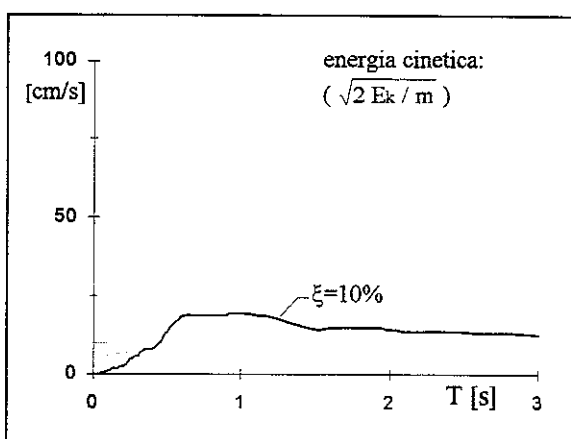
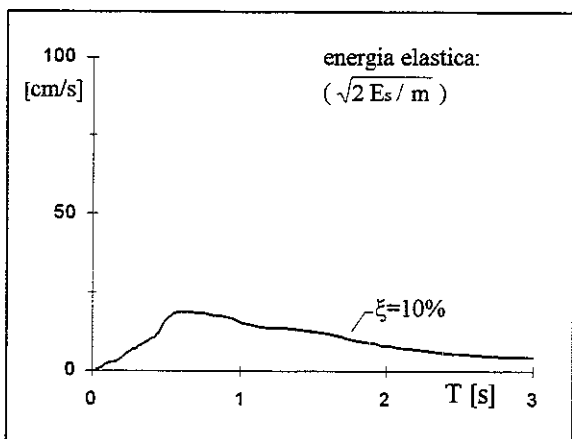
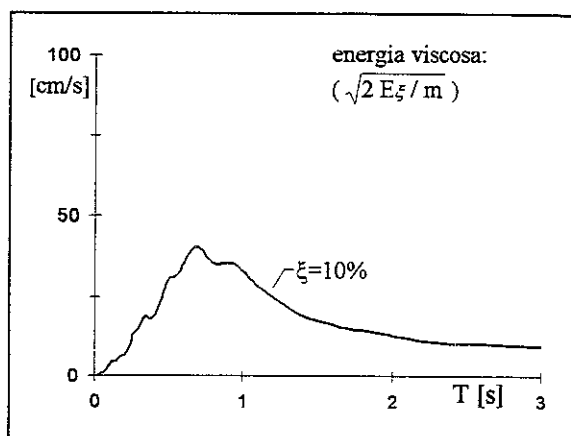
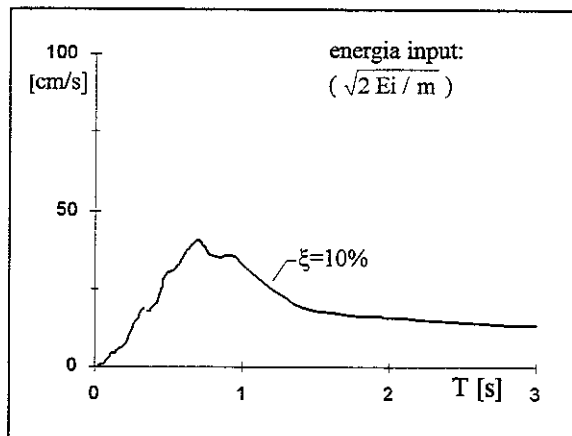
m143 ew - smorzamento 5% - energie



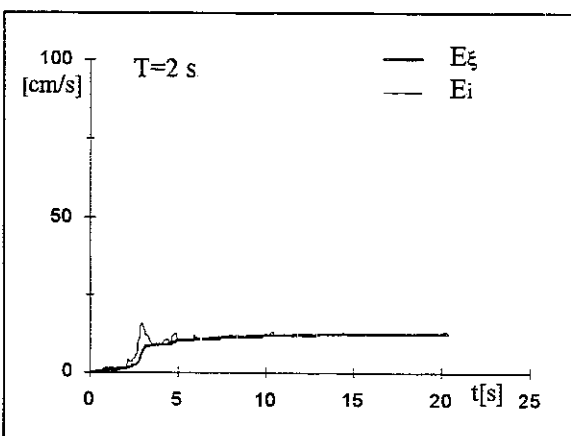
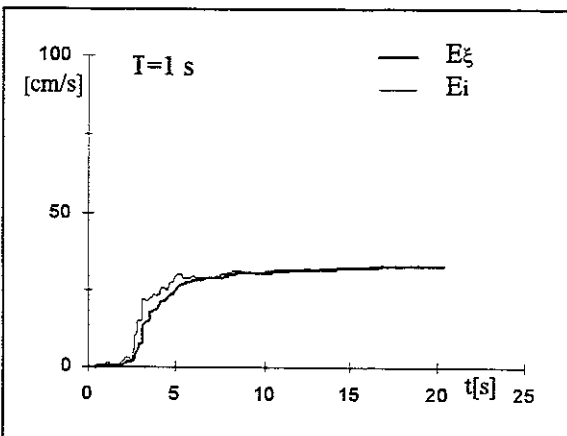
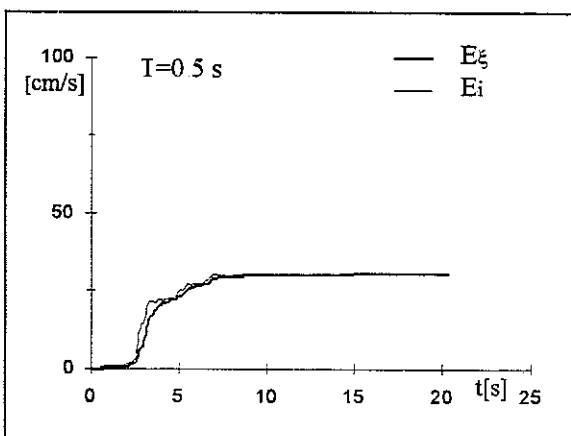
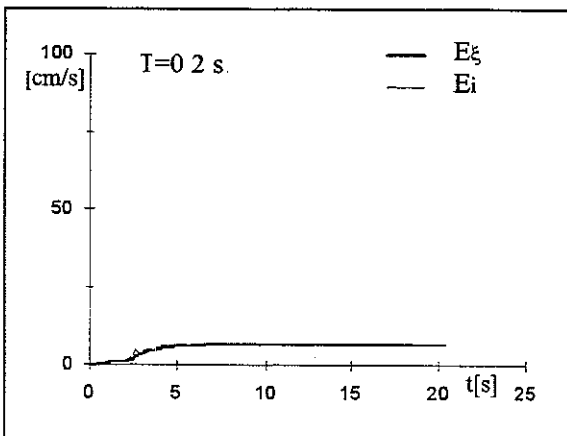
m143 ew - smorzamento 5% - storia temporale delle energie



m143 ew - smorzamento 10% - energie



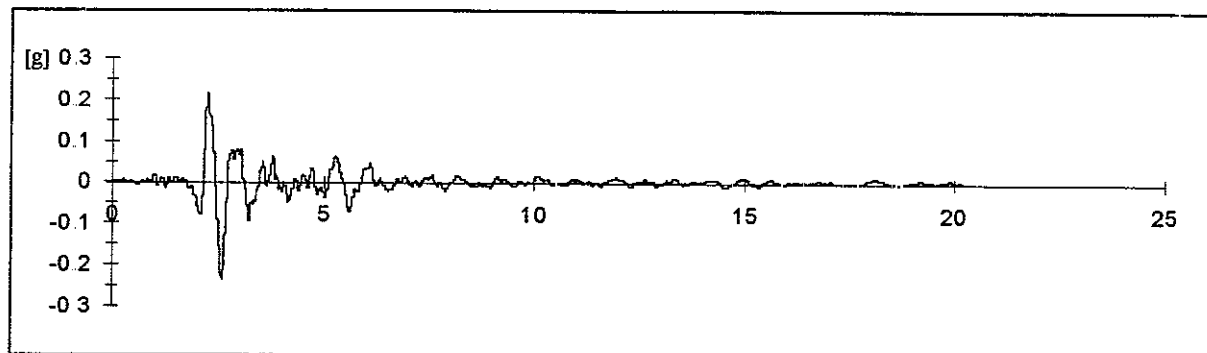
m143 ew - smorzamento 10% - storia temporale delle energie



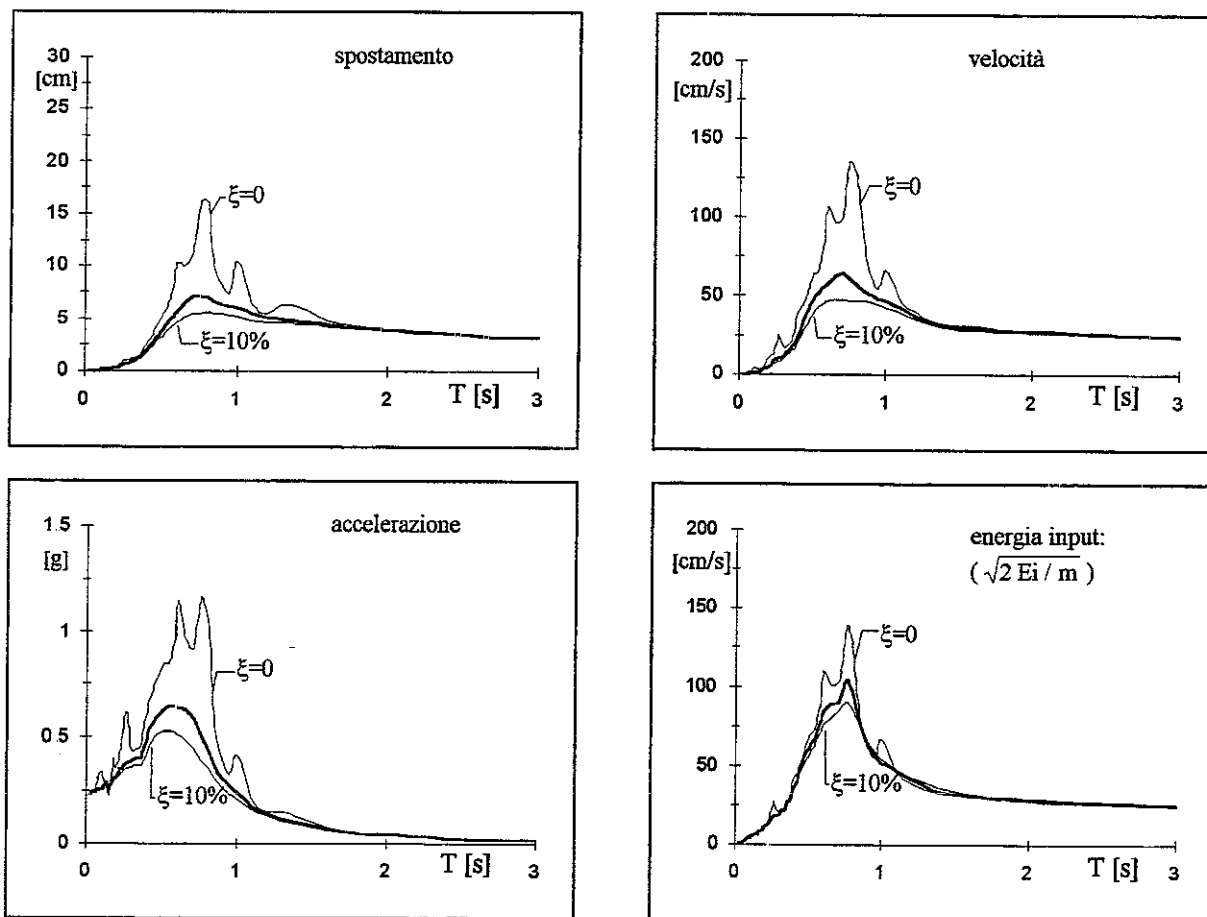
00143 TERREMOTO FRIULI - BUIA 11.09.1976

reg.	ora	durata [s]	comp	PGA [g]	t(PGA) [s]	smorz	ω [Hz]	file	n.p.	M	dist.ep. [Km]	sito
ENEA	16.35.01	20.222	N.S.	-0.2341	2.579	0.61	25.70	M200143	8295	5.9	12.6	2/701

m143 ns - accelerogramma

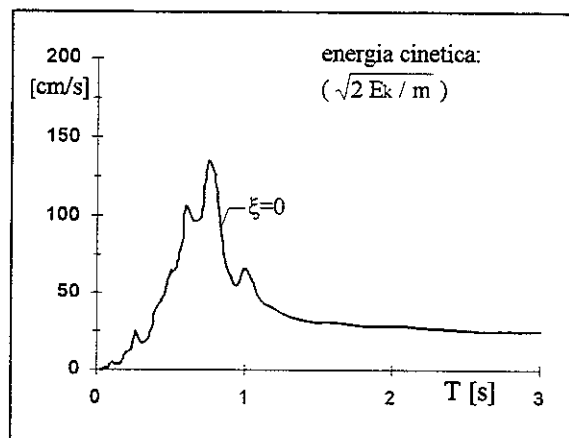
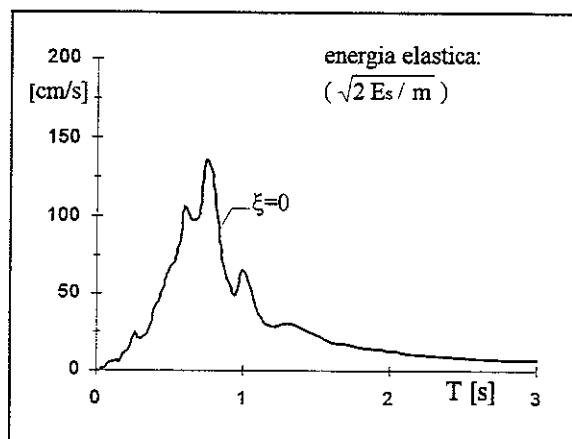
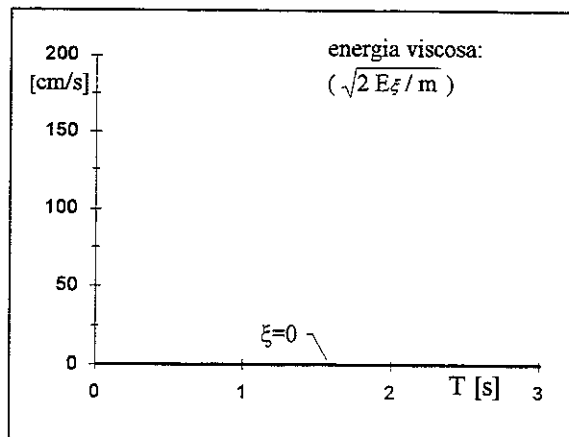
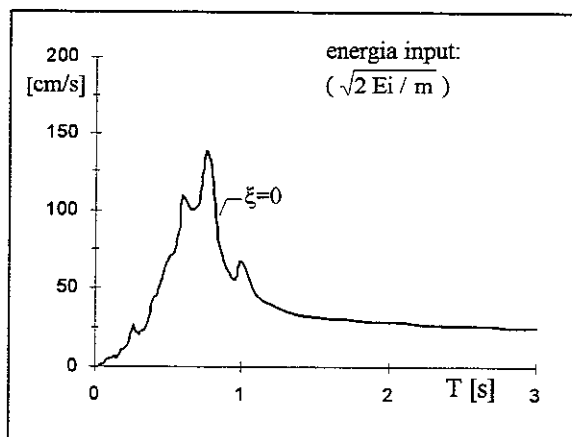


m143 ns - spettri

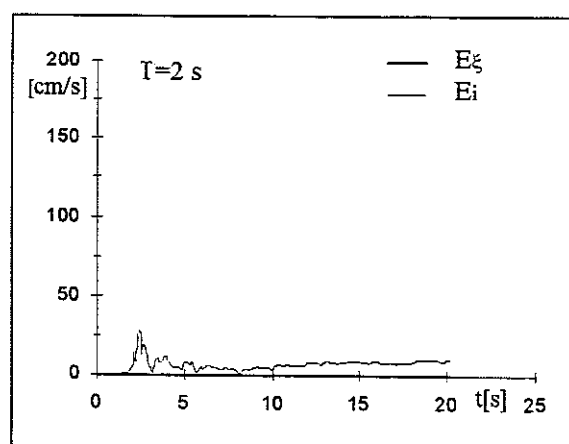
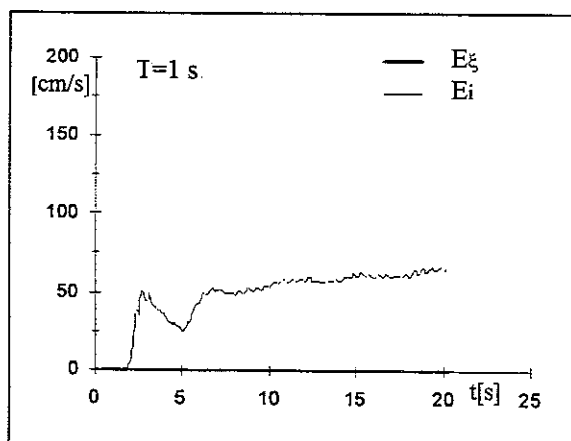
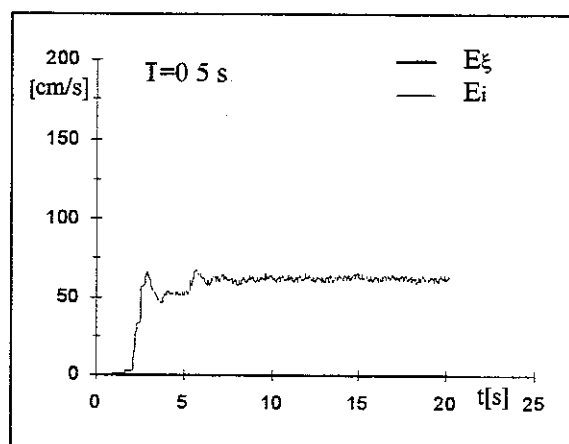
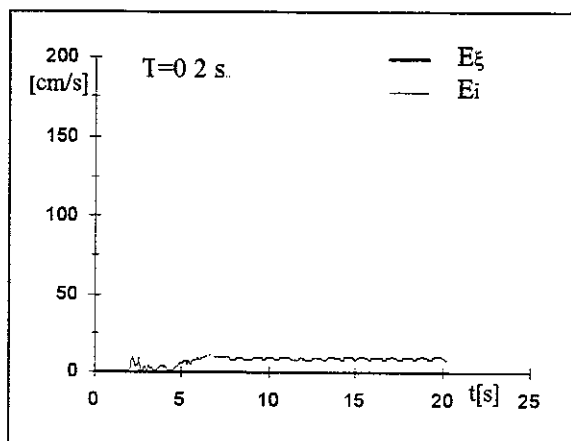


accelerazione/pga							media su intervalli ΔT ($\xi=5\%$)							energia/(pga/ ω)			
0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0
1.615	2.062	0.594	0.246	0.127	0.076	0.787	2.961	8.931	4.570	3.385	3.350	2.569	4.808				

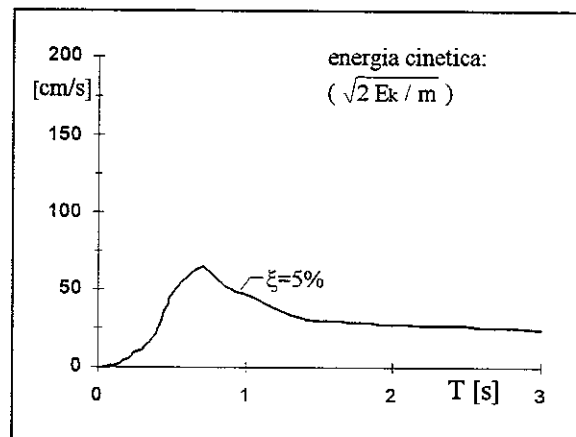
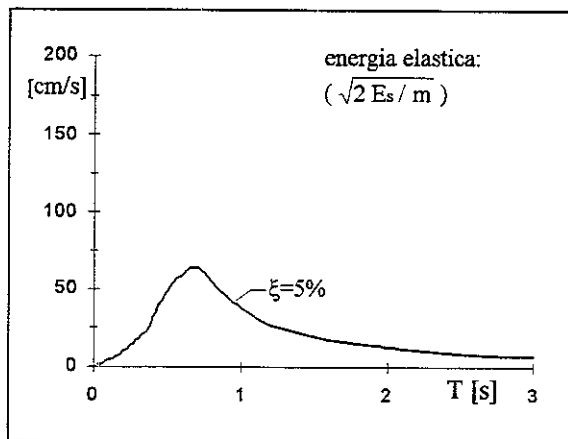
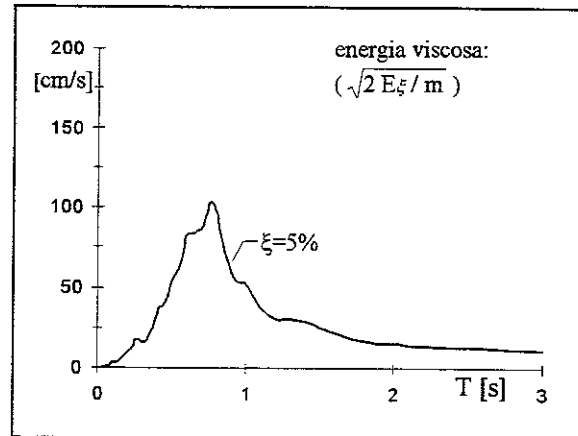
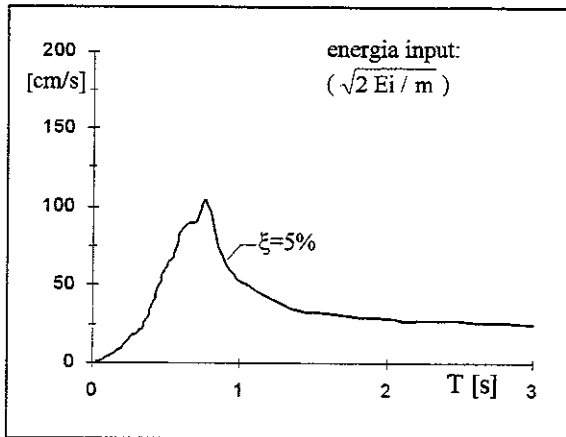
m143 ns - smorzamento 0 - energie



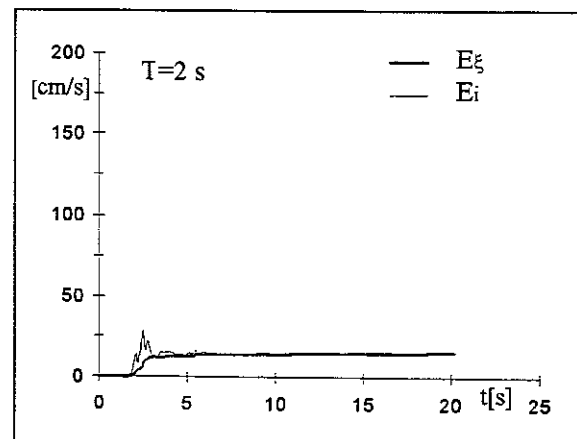
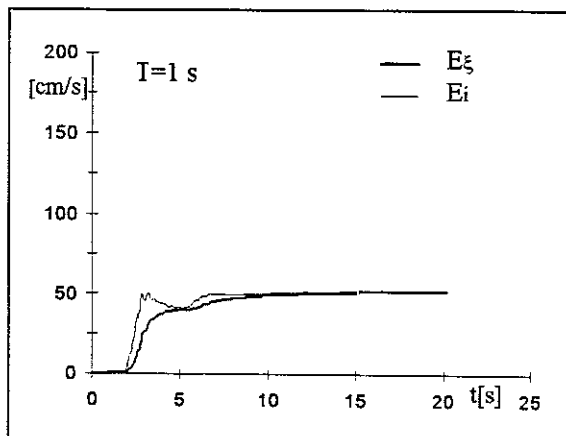
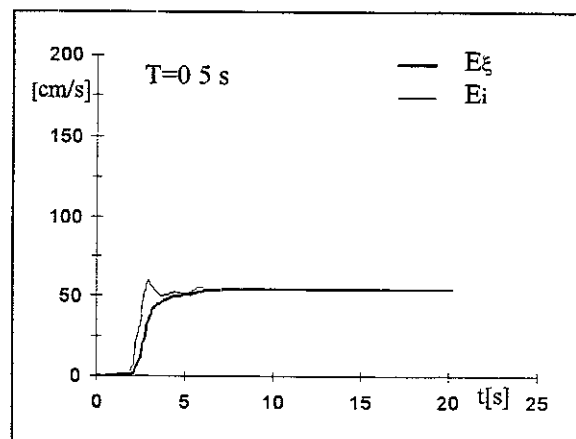
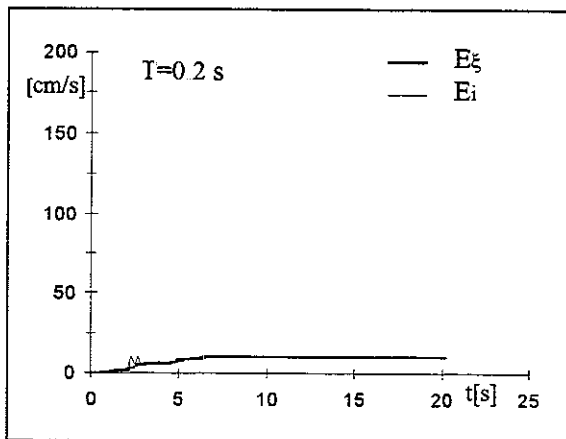
m143 ns - smorzamento 0 - storia temporale delle energie



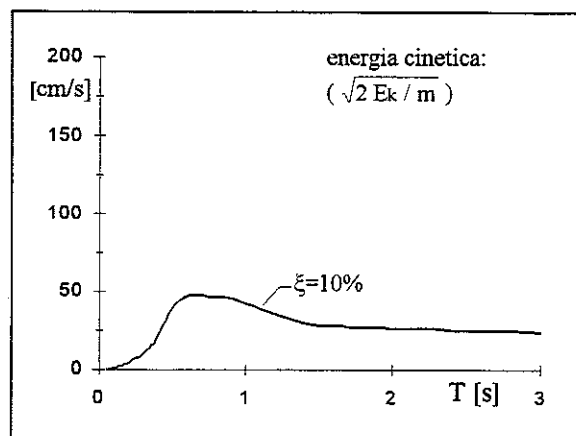
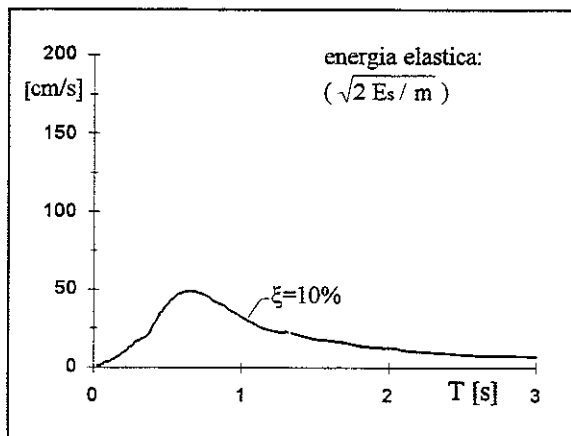
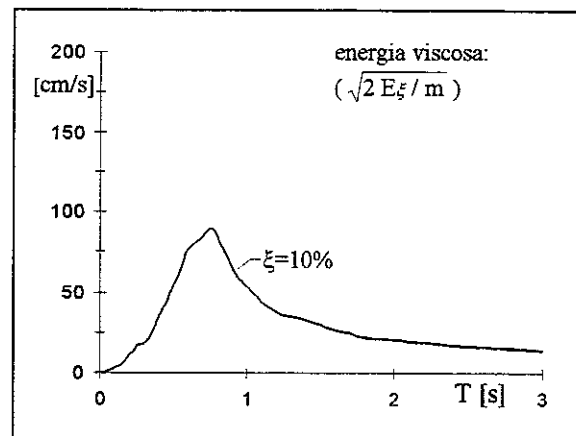
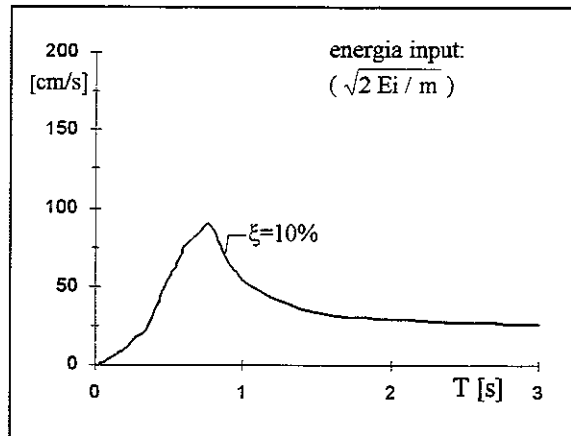
m143 ns - smorzamento 5% - energie



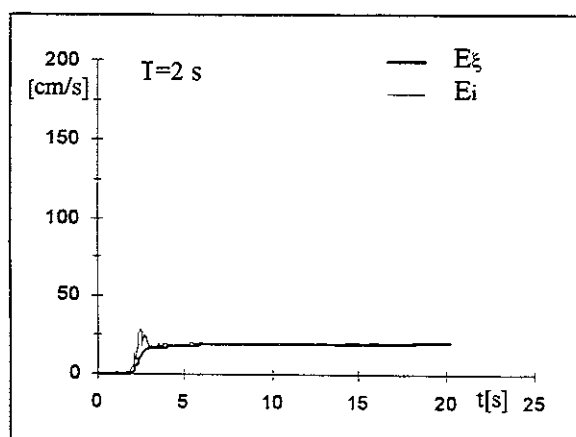
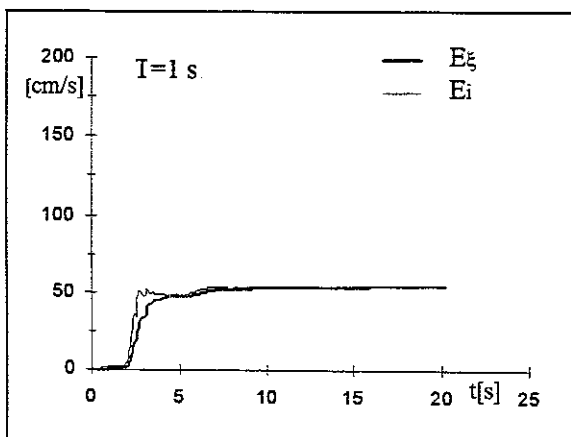
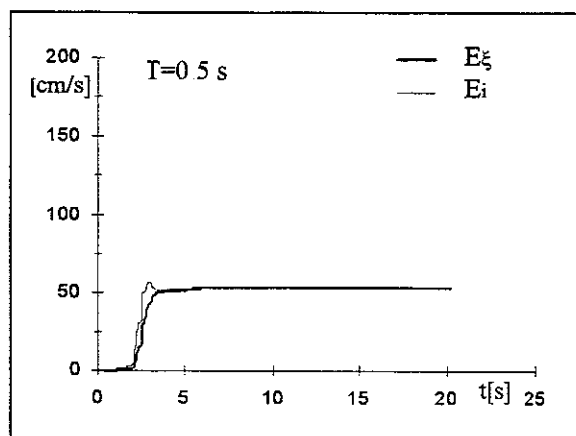
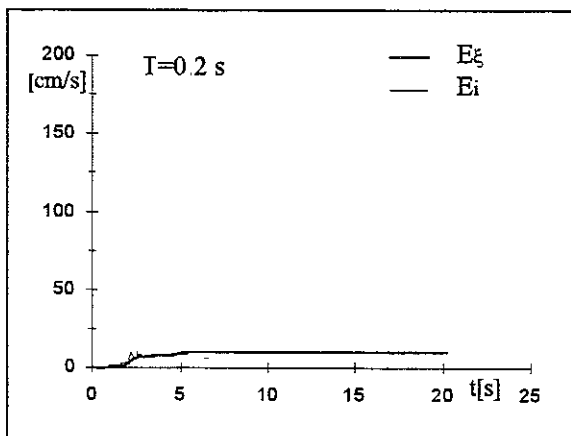
m143 ns - smorzamento 5% - storia temporale delle energie



m143 ns - smorzamento 10% - energie



m143 ns - smorzamento 10% - storia temporale delle energie

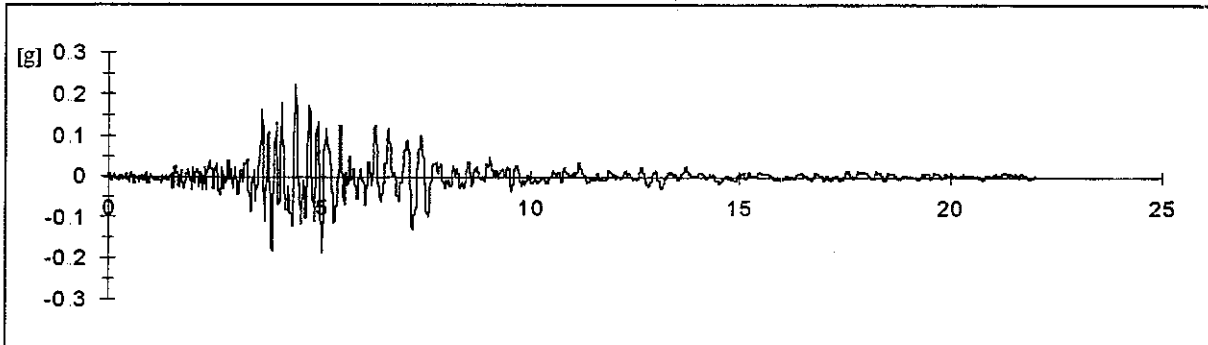


00152 TERREMOTO FRIULI - FORGARIA CORNINO

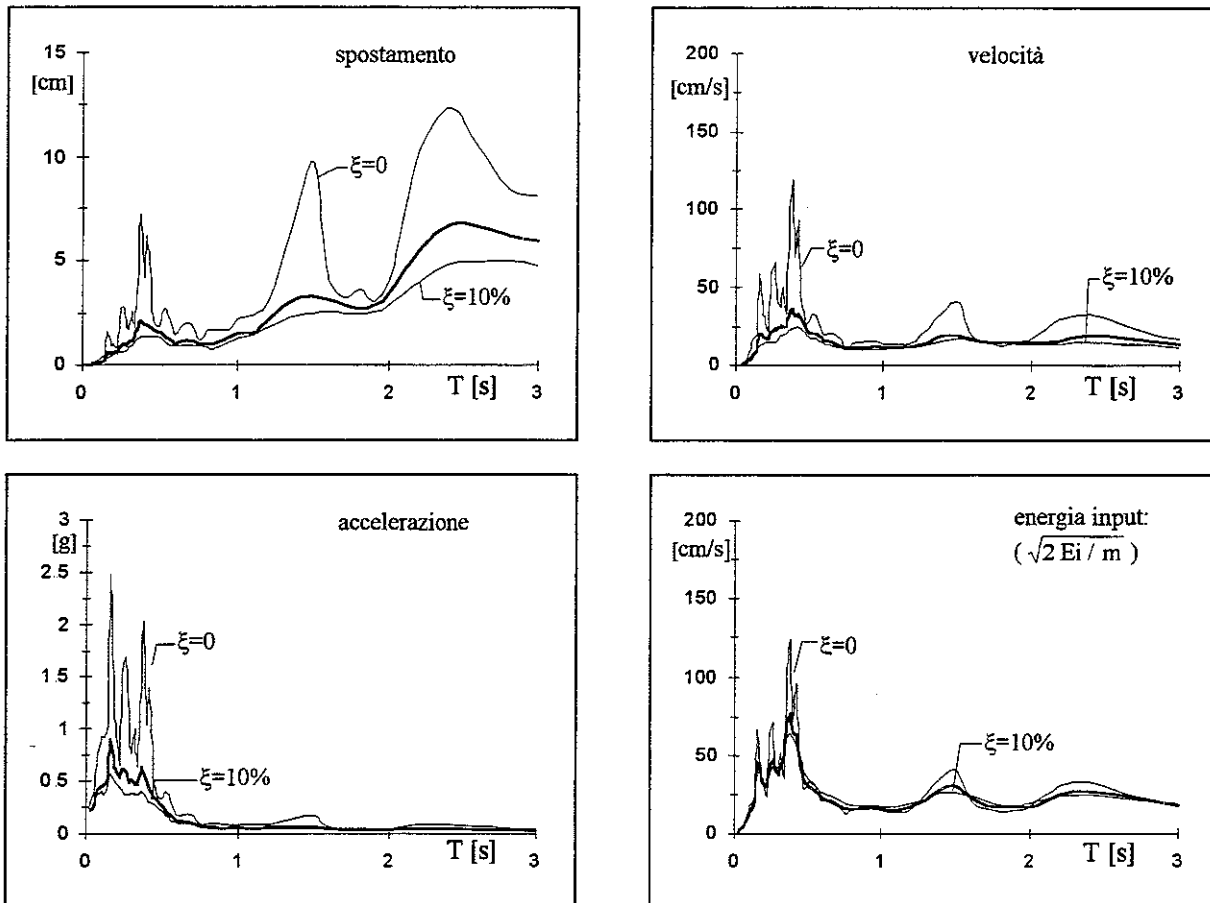
15.09.1976

reg.	ora	durata [s]	comp	PGA [g]	t(PGA) [s]	smorz	ω [Hz]	file	n.p.	M	dist.ep. [Km]	sito
ENEA	03.15.19	21.978	E.W.	0.2185	4.369	0.59	26.50	M200152	9015	6.1	15.9	1/701

m152 ns - accelerogramma

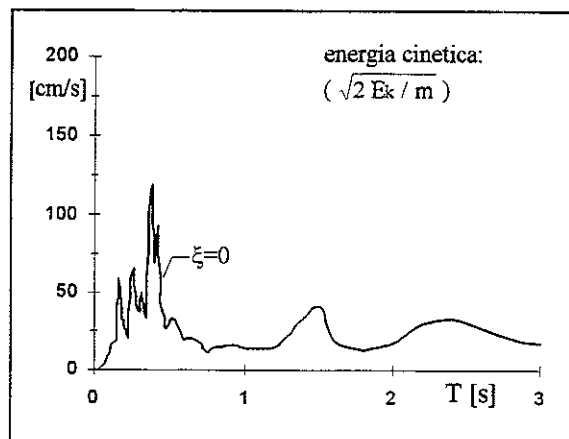
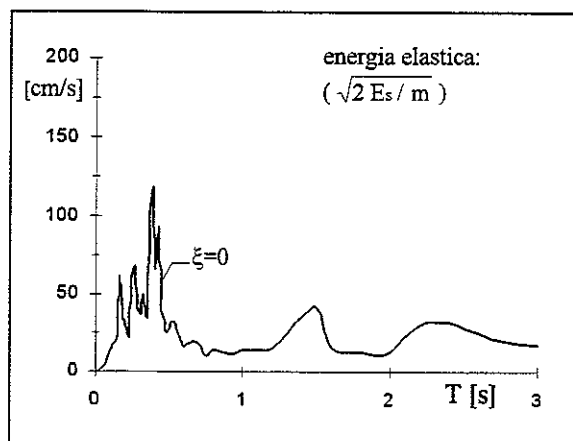
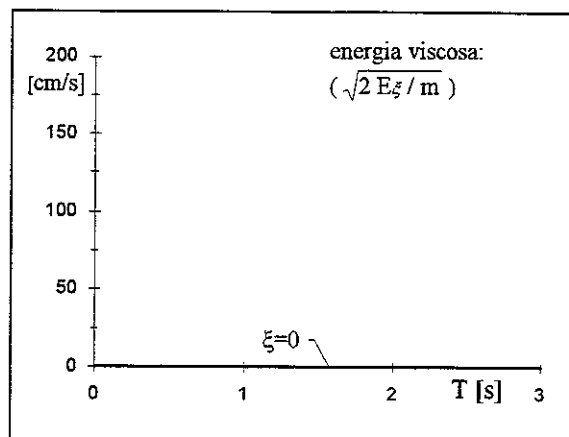
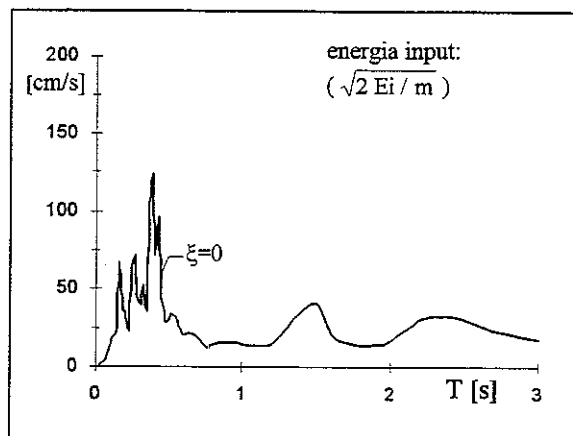


m152 ew - spettri

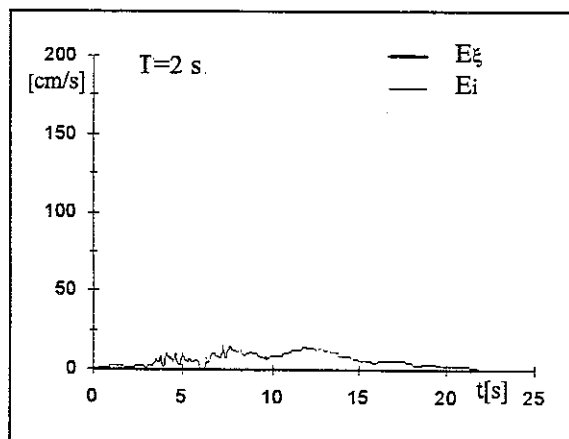
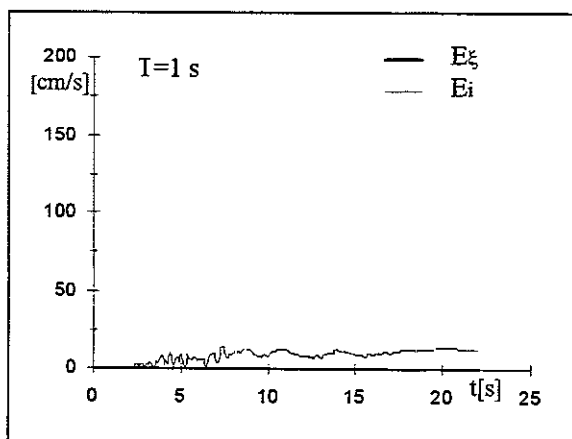
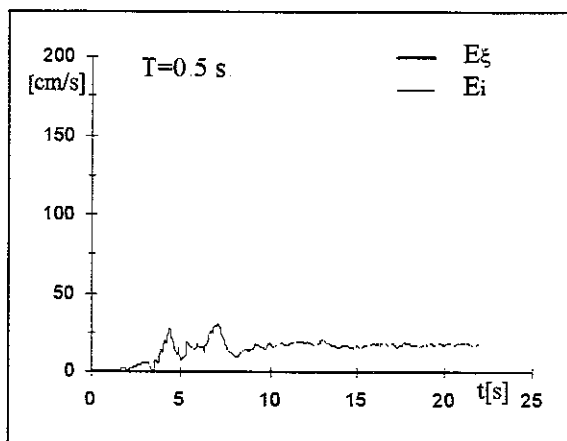
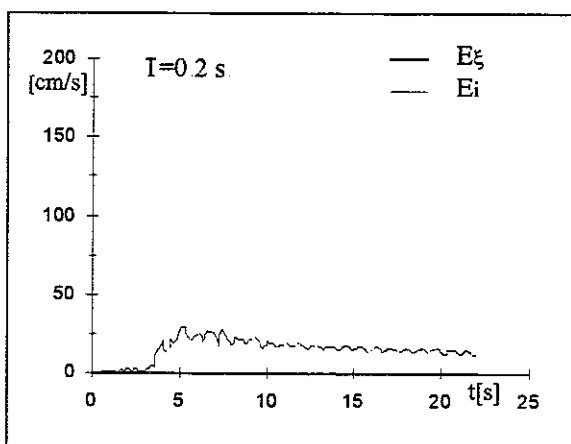


accelerazione/pga							media su intervalli ΔT ($\xi=5\%$)							energia/(pga/ ω)			
0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0
2.186	0.435	0.278	0.186	0.201	0.157	0.574	5.108	2.441	2.698	2.480	3.354	2.361	3.223				

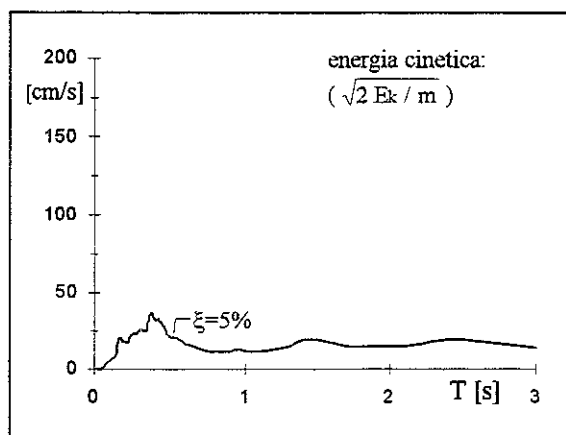
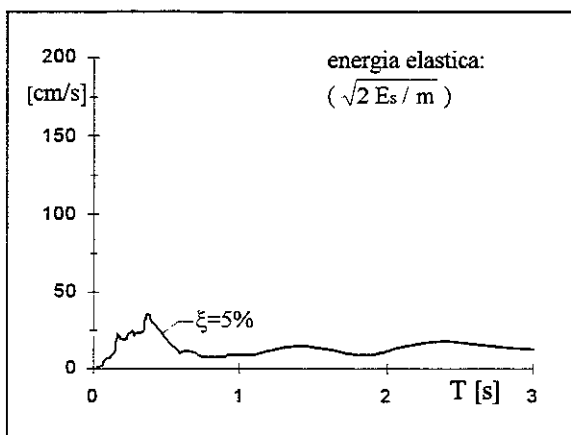
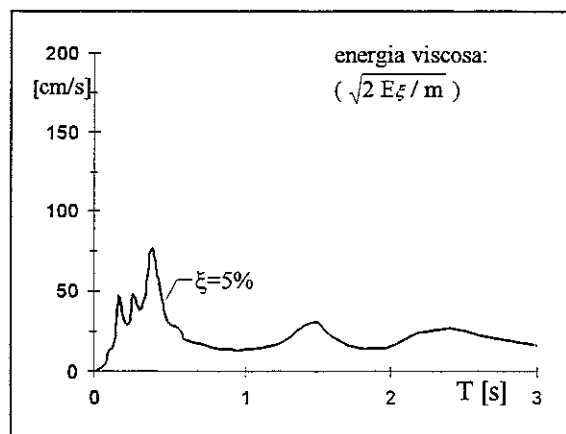
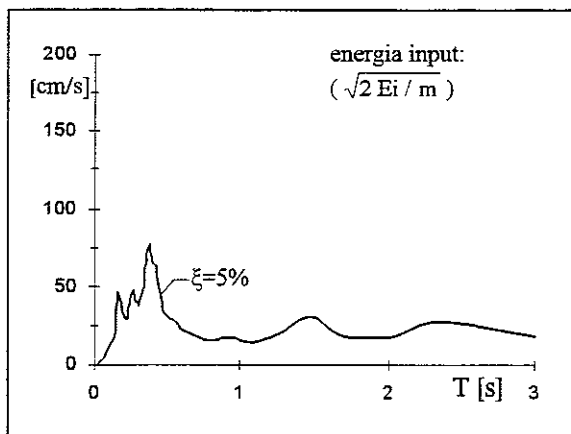
m152.ew - smorzamento 0 - energie



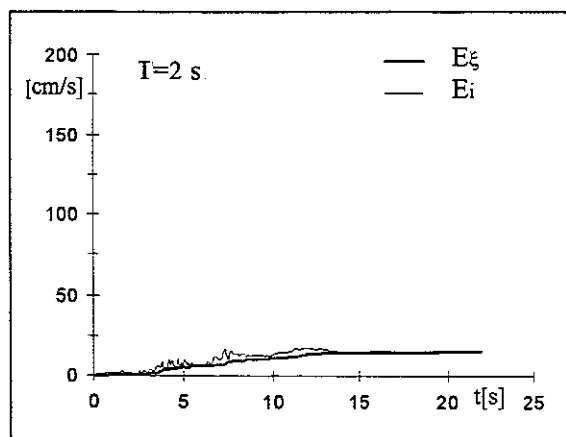
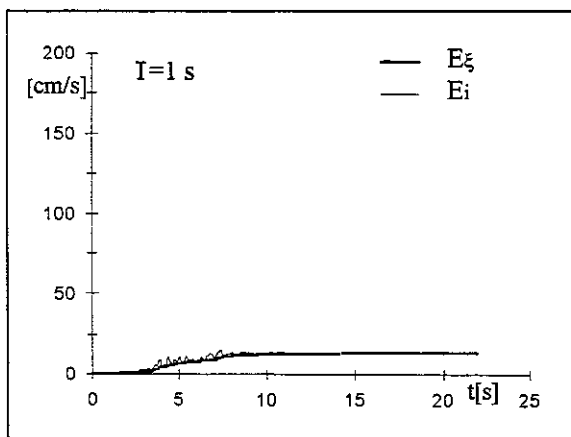
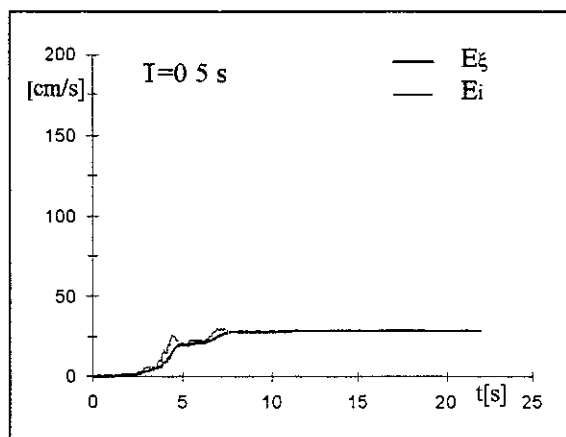
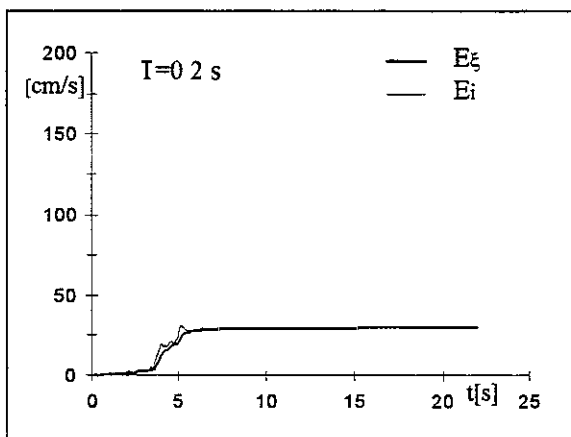
m152 ew - smorzamento 0 - storia temporale delle energie



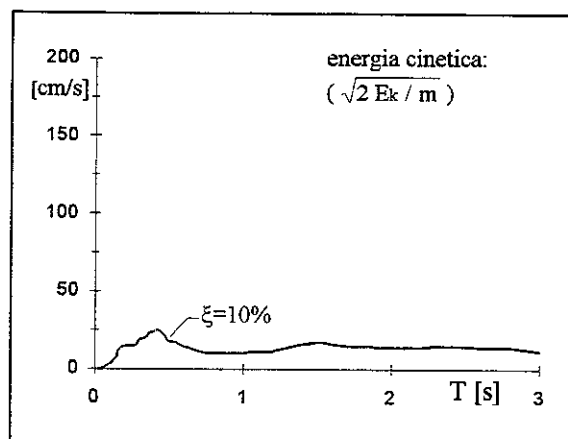
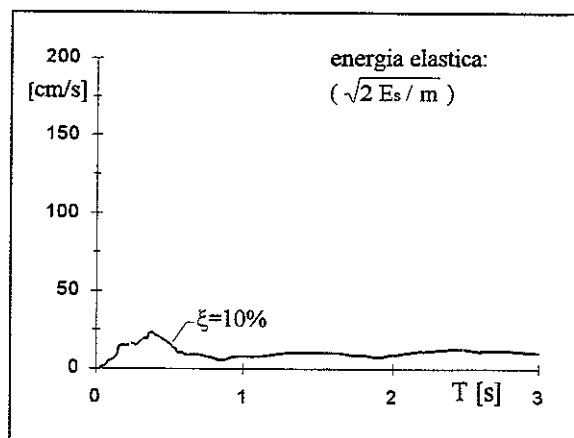
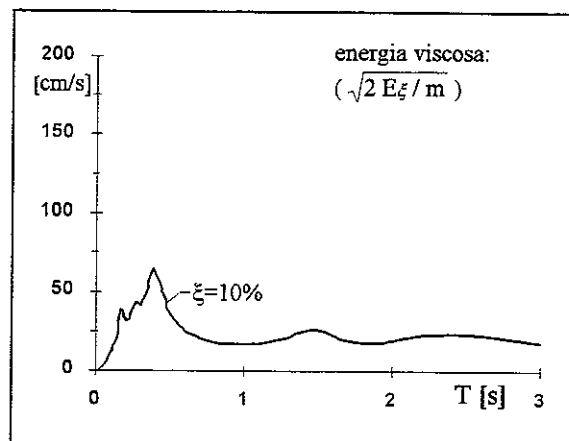
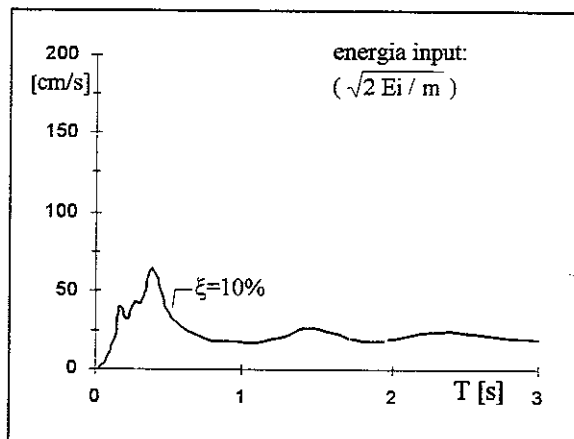
m152 ew - smorzamento 5% - energie



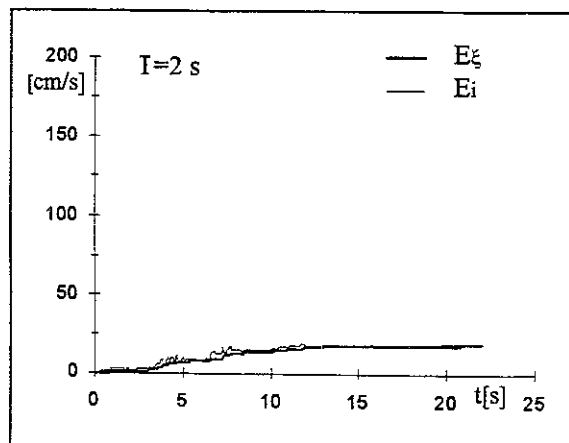
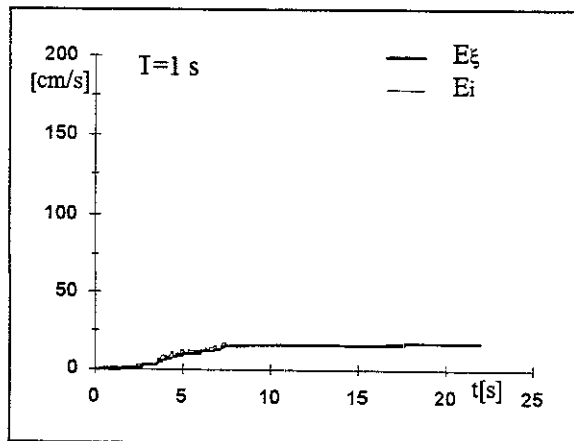
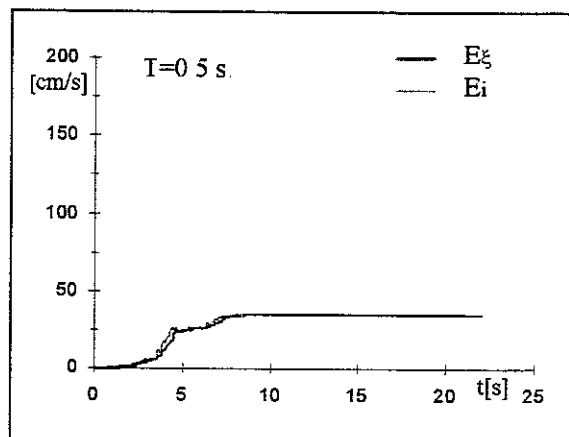
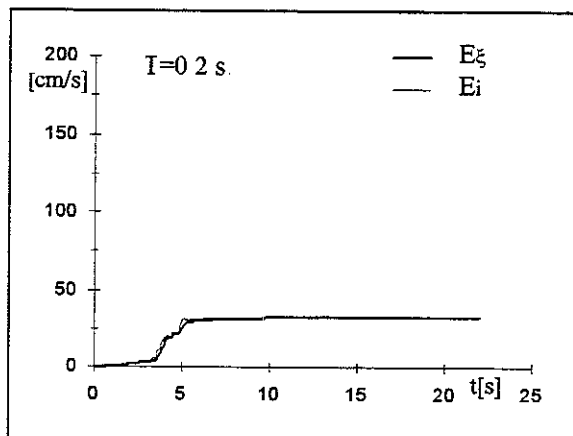
m152 ew - smorzamento 5% - storia temporale delle energie



m152 ew - smorzamento 10% - energie



m152 ew - smorzamento 10% - storia temporale delle energie

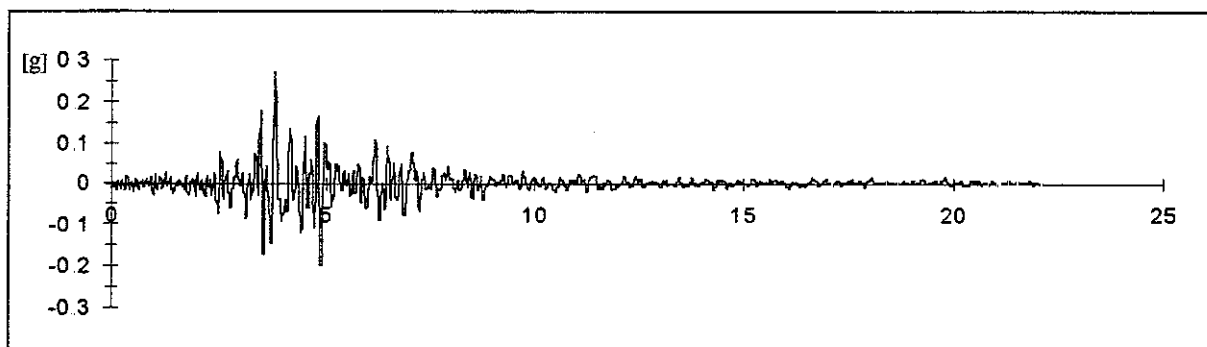


00152 TERREMOTO FRIULI - FORGARIA CORNINO

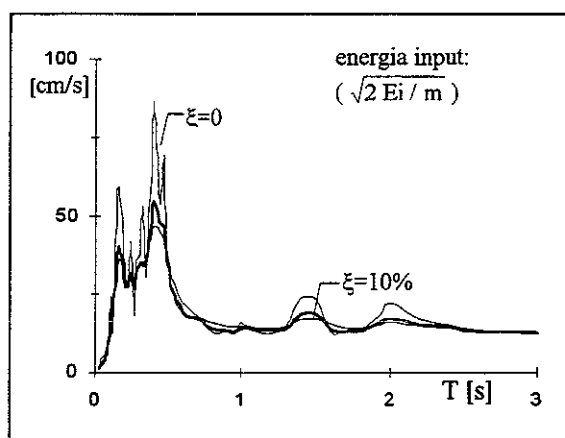
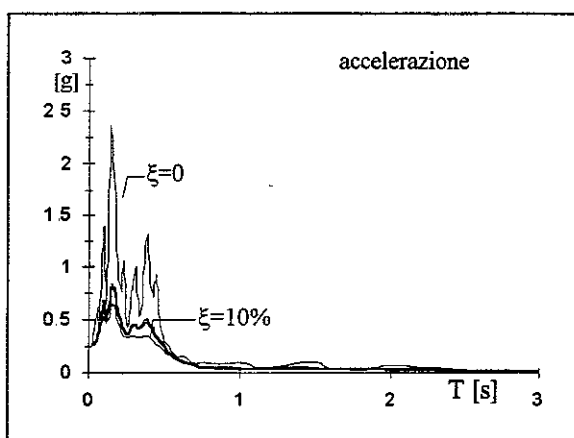
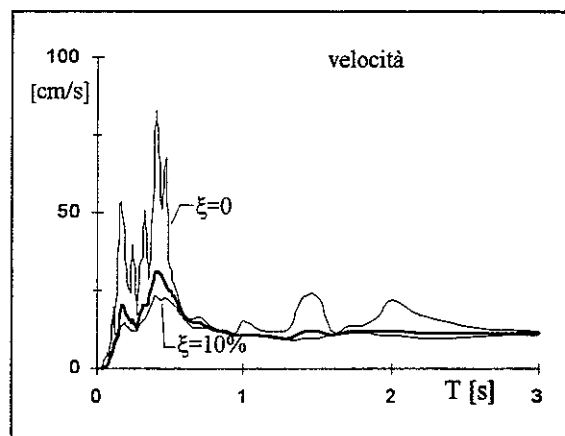
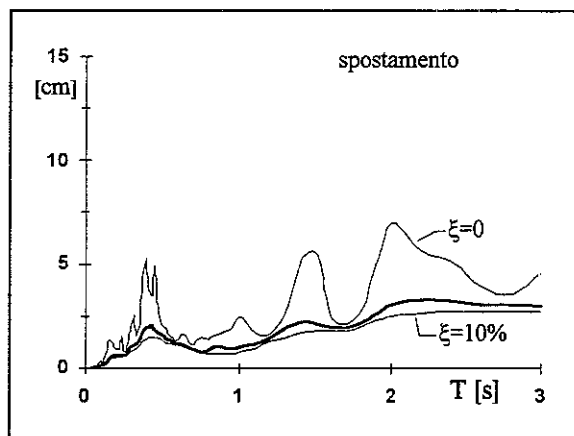
15.09.1976

reg.	ora	durata [s]	comp	PGA [g]	t(PGA) [s]	smorz	ω [Hz]	file	n.p.	M	dist.ep. [Km]	sito
ENEA	03.15.19	22.063	N.S.	0.2624	3.801	0.60	25.90	M200152	9050	6.1	15.9	1/701

m152 ns accelerogramma

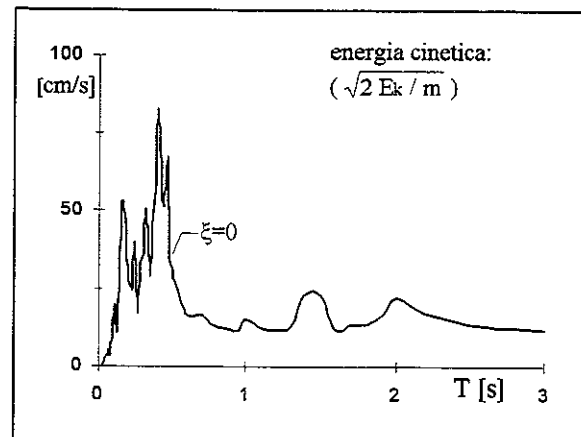
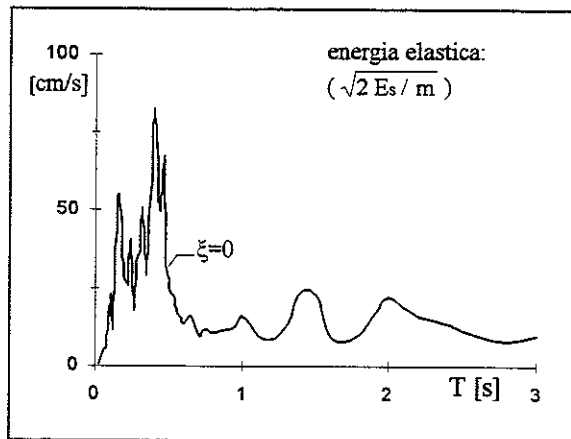
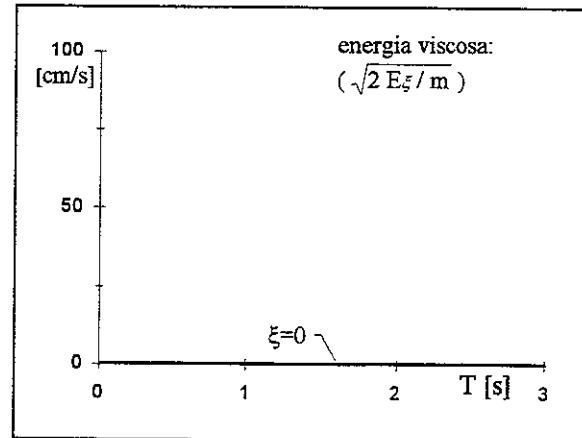
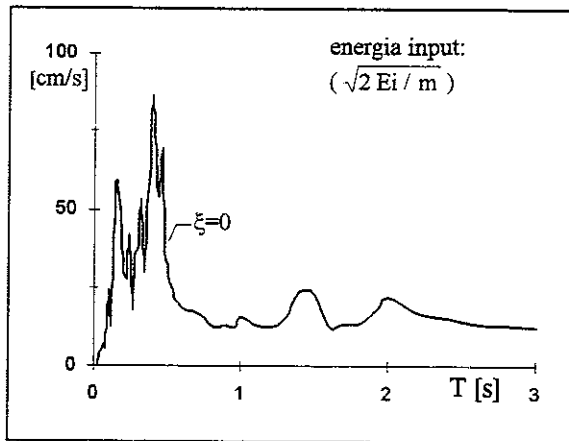


m152 ns - spettri

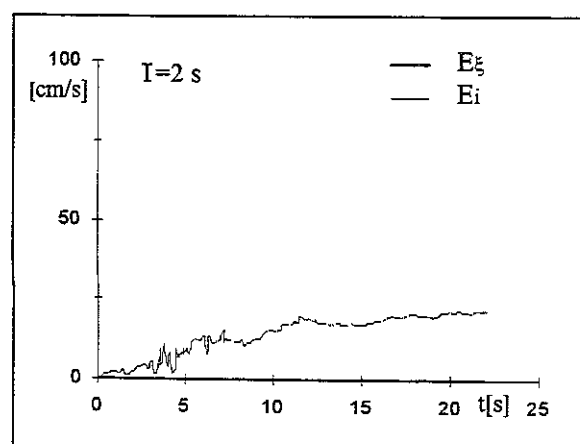
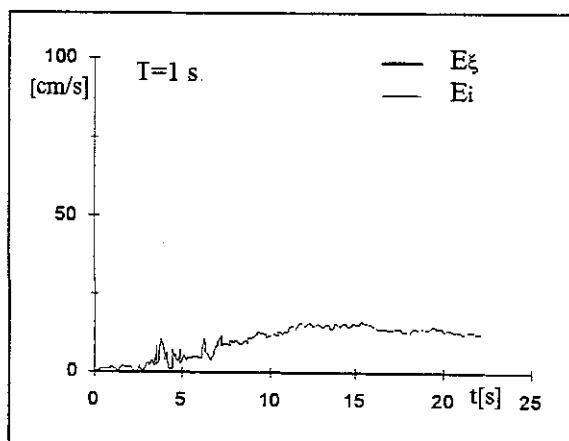
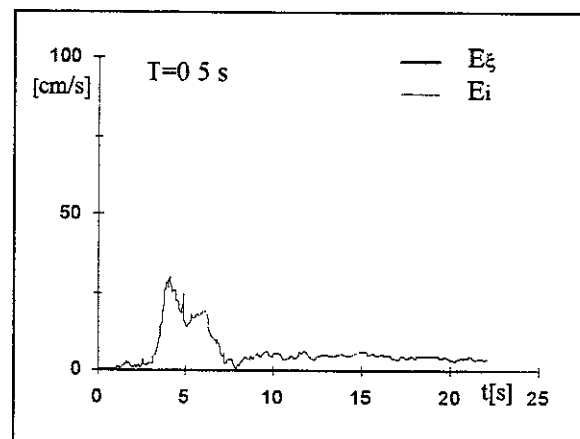
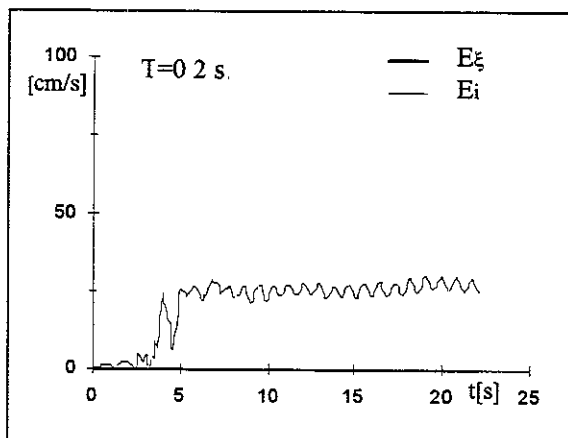


accelerazione/pga							media su intervalli ΔT ($\xi=5\%$)							energia/(pga/ ω)			
0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0
1.766	0.345	0.161	0.115	0.099	0.063	0.425	3.394	1.750	1.544	1.468	1.661	1.164	1.968				

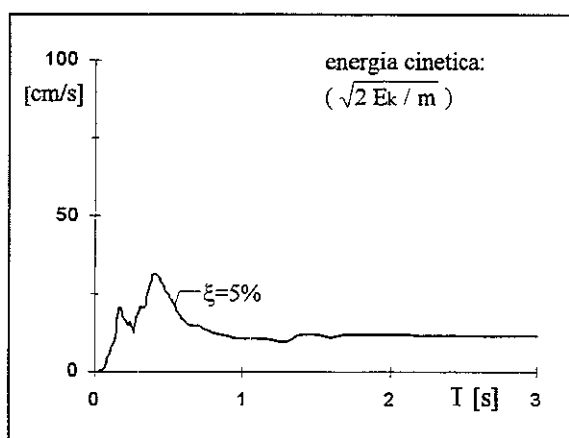
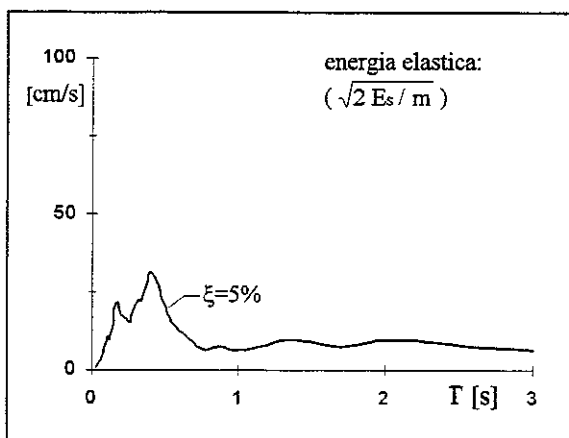
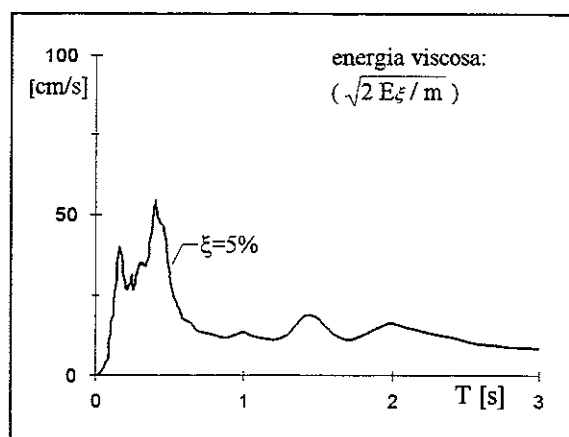
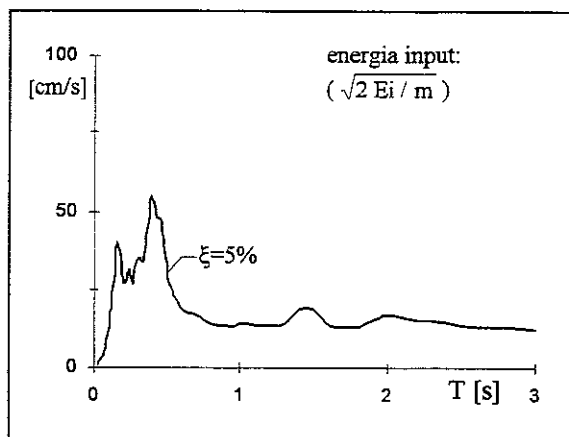
m152 ns - smorzamento 0 - energie



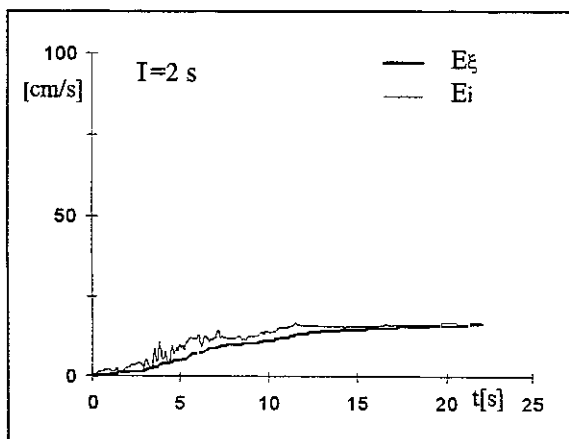
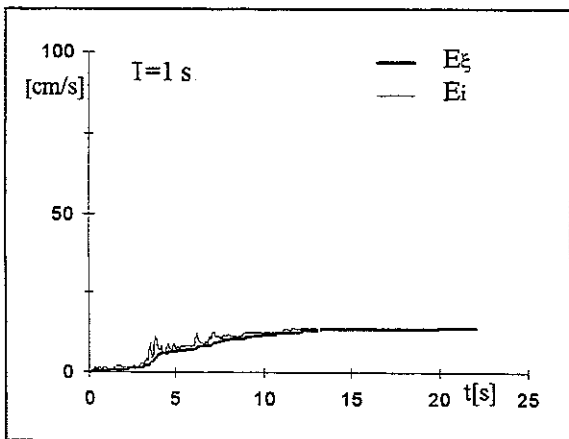
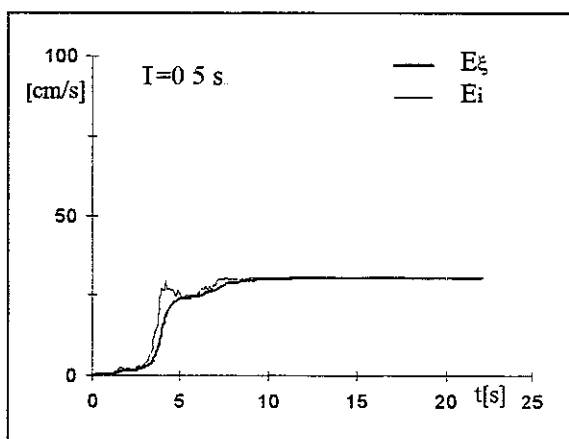
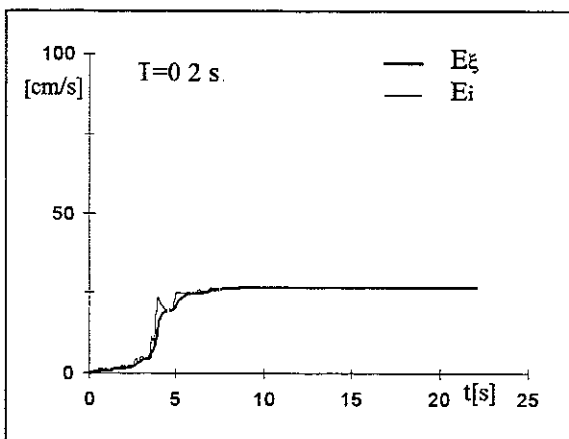
m152 ns - smorzamento 0 - storia temporale delle energie



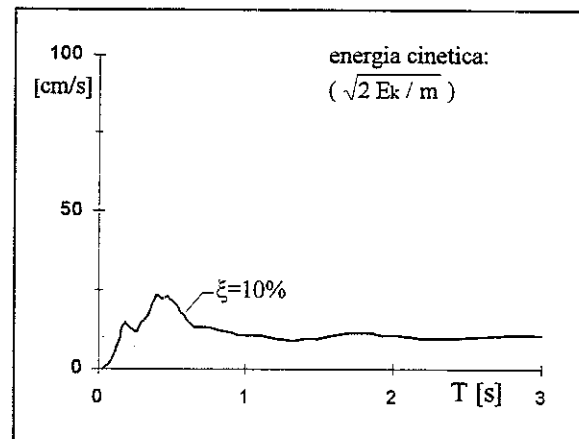
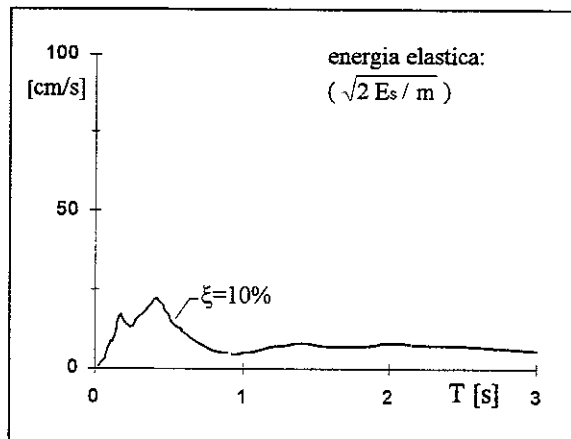
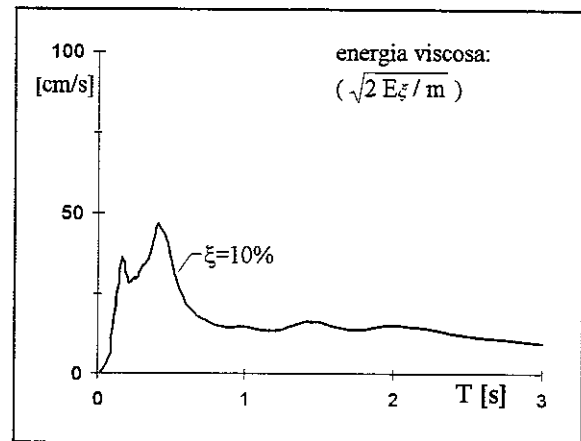
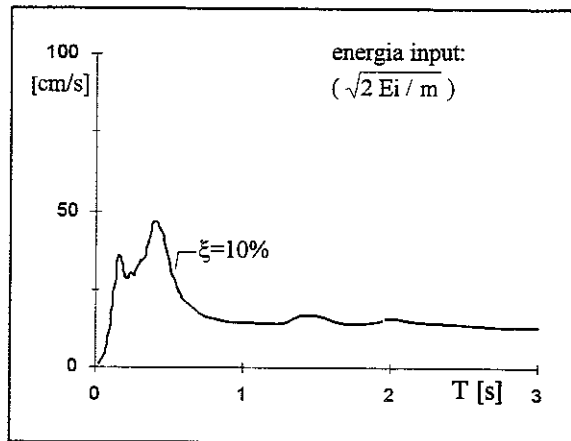
m152 ns - smorzamento 5% - energie



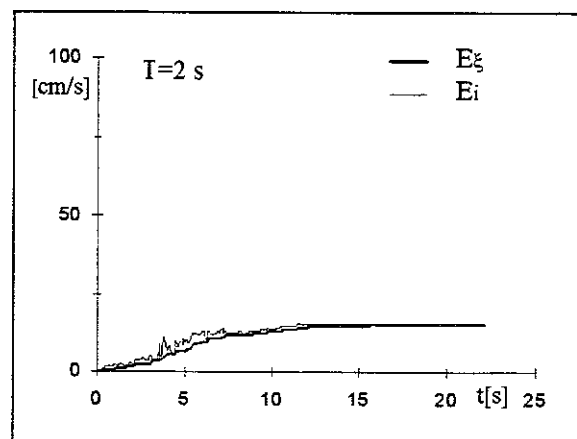
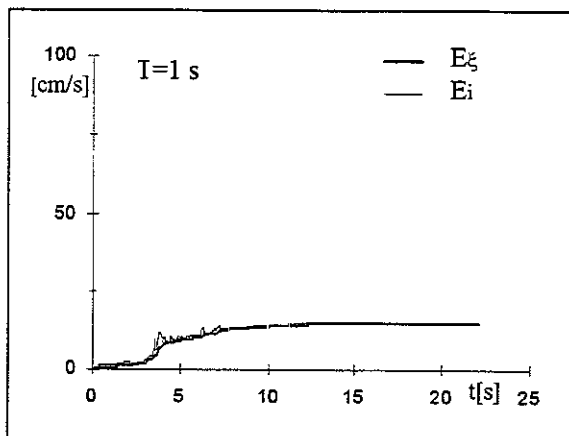
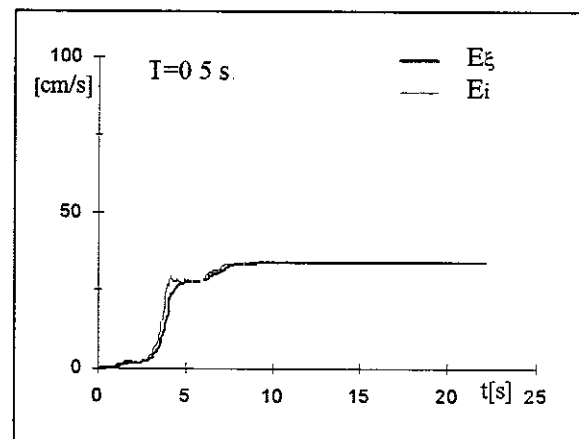
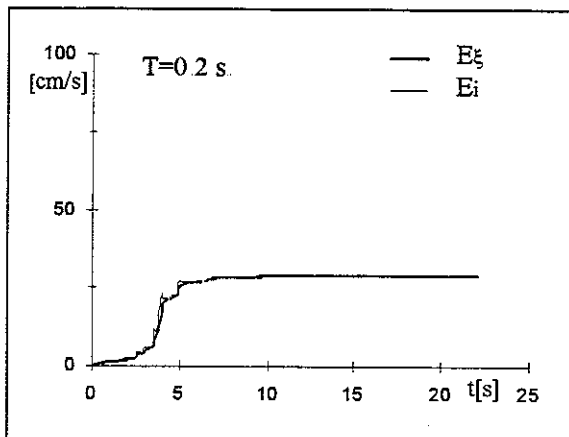
m152 ns - smorzamento 5% - storia temporale delle energie



m152 ns - smorzamento 10% - energie



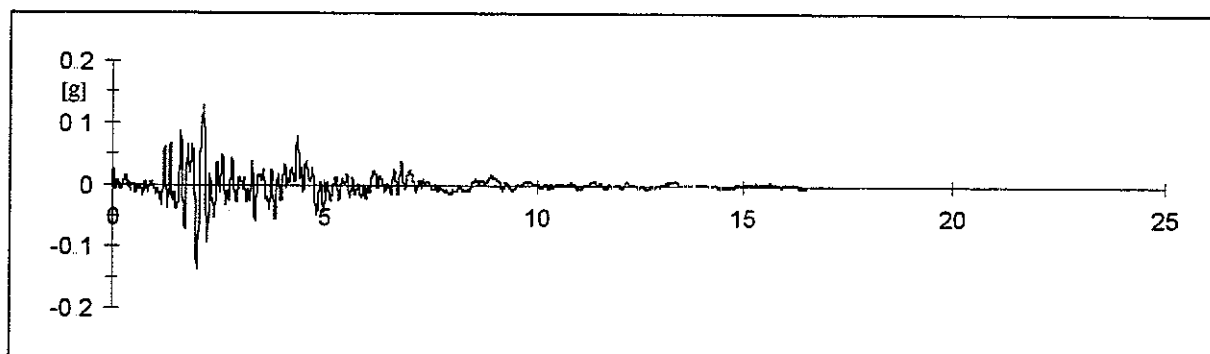
m152 ns - smorzamento 10% - storia temporale delle energie



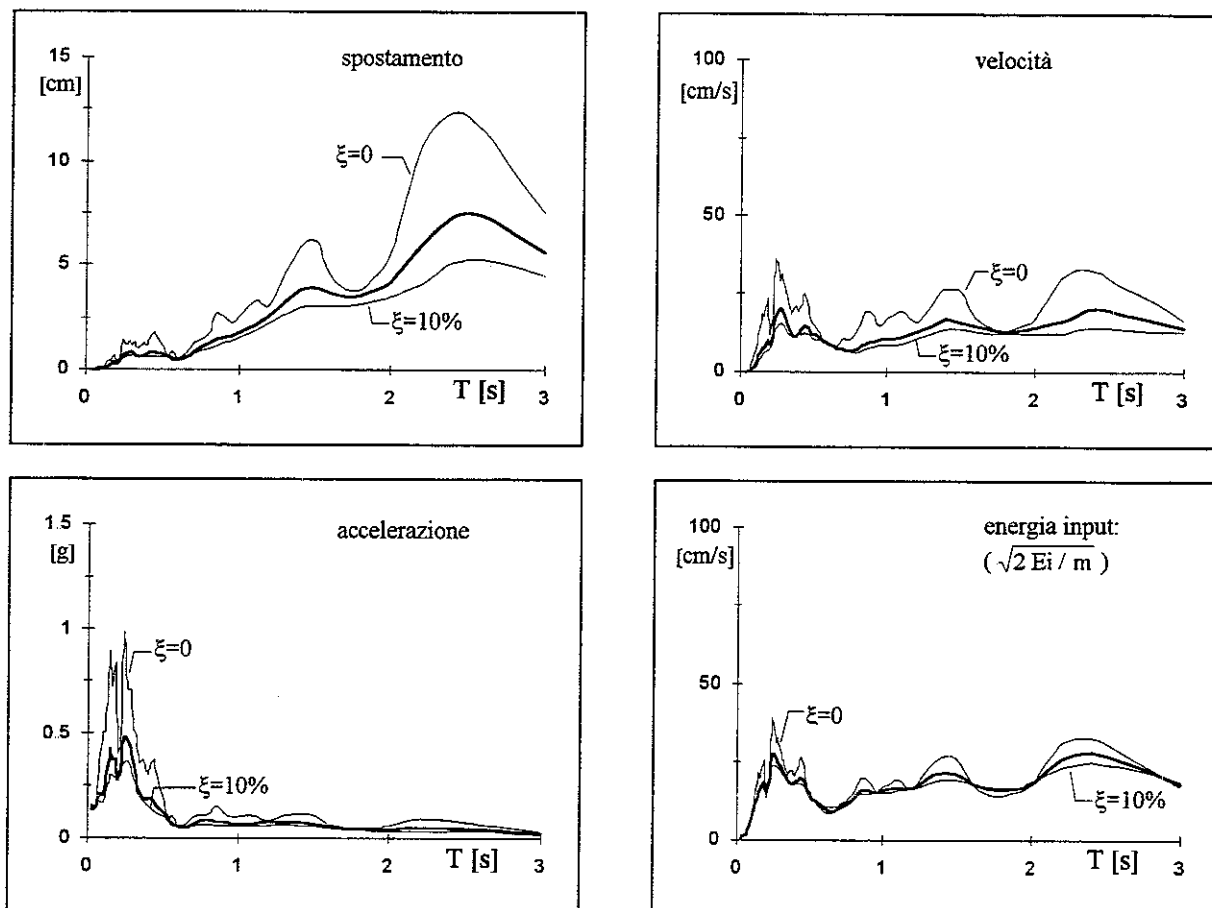
00153 TERREMOTO FRIULI - SAN ROCCO 15.09.1976

reg.	ora	durata [s]	comp	PGA [g]	t(PGA) [s]	smorz	ω [Hz]	file	n.p.	M	dist.ep. [Km]	sito
ENEA	03.15.19	16.502	E.W.	-0.1353	1.999	0.60	25.70	M200153	6769	6.1	15.9	0/701

m153 ew - accelerogramma

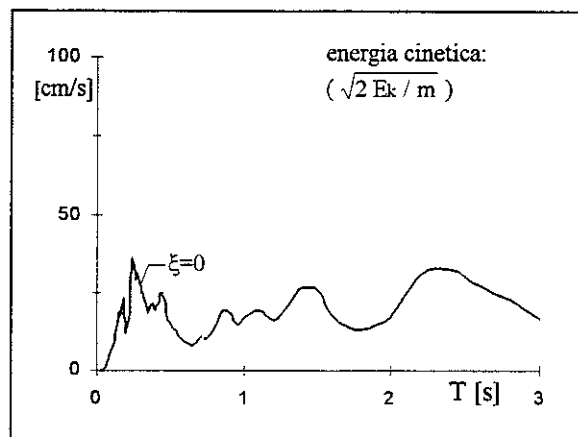
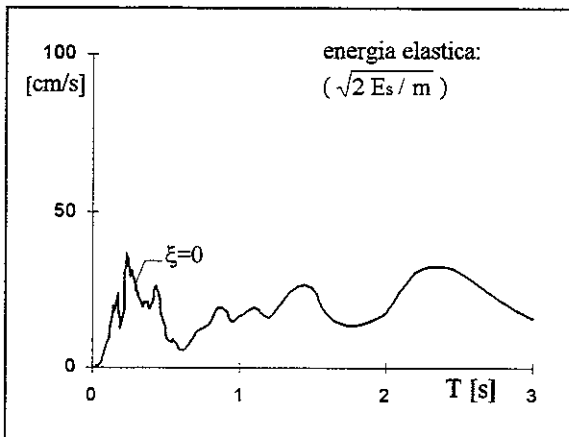
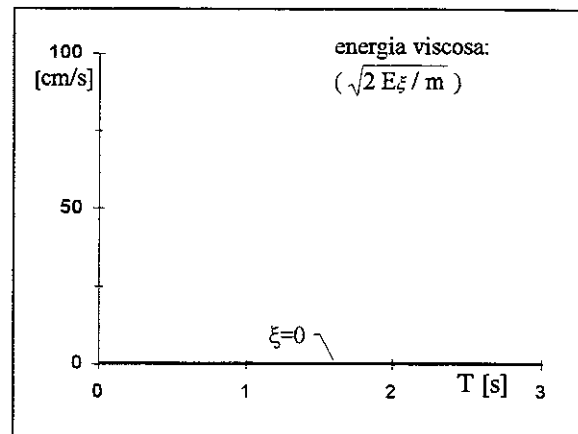
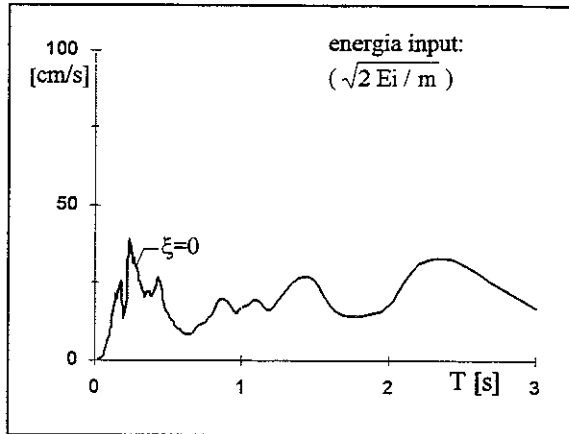


m153 ew - spettri

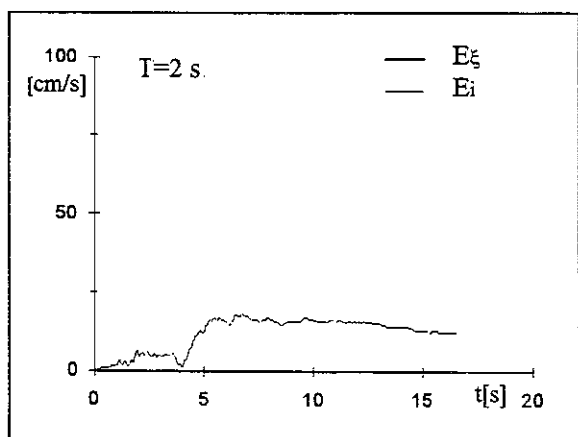
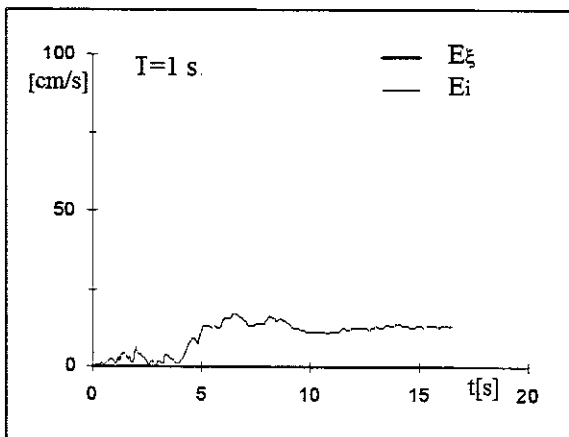
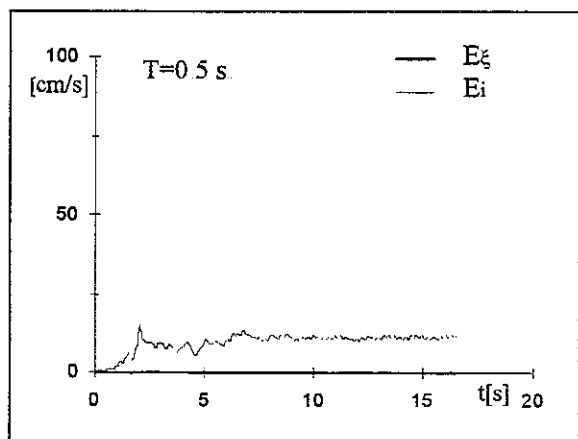
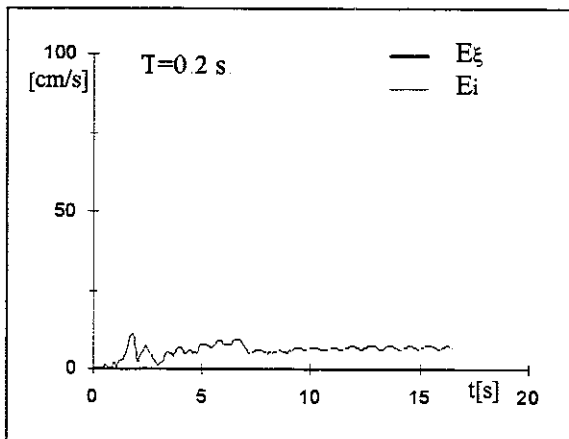


accelerazione/pga							media su intervalli ΔT ($\xi=5\%$)							energia/(pga/ ω)			
0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0
1.938	0.538	0.545	0.370	0.358	0.269	0.670	3.374	2.510	3.616	3.343	5.412	3.834	3.785				

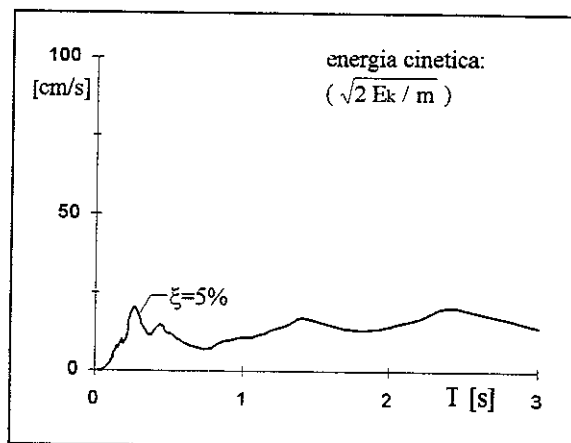
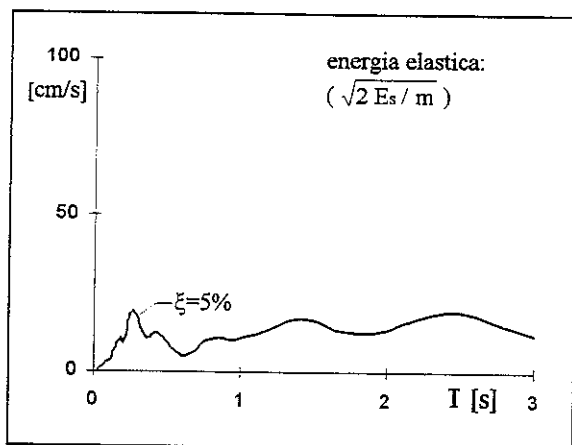
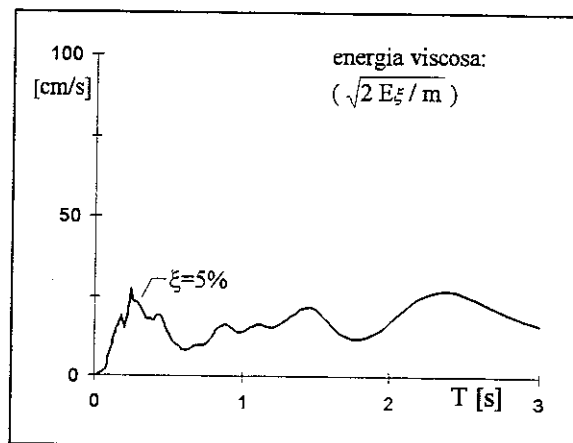
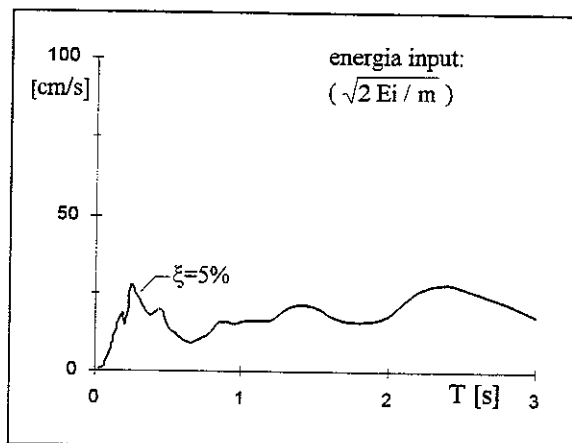
m153 ew - smorzamento 0 - energie



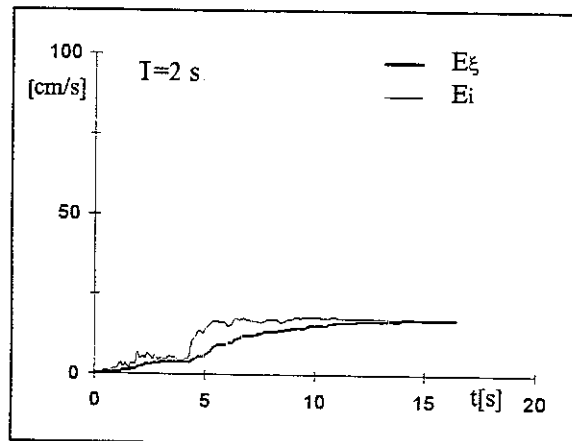
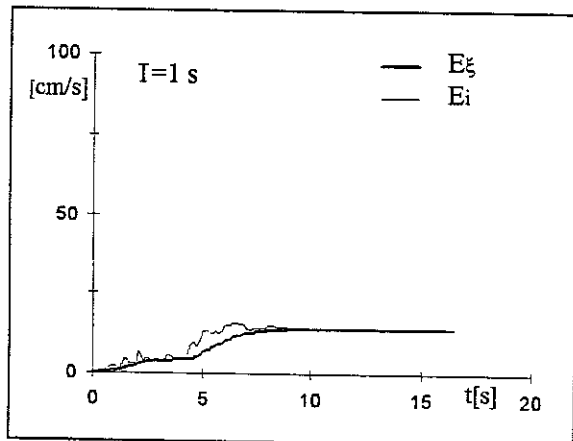
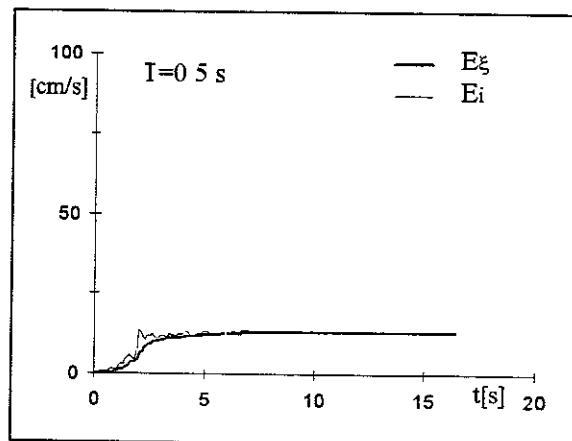
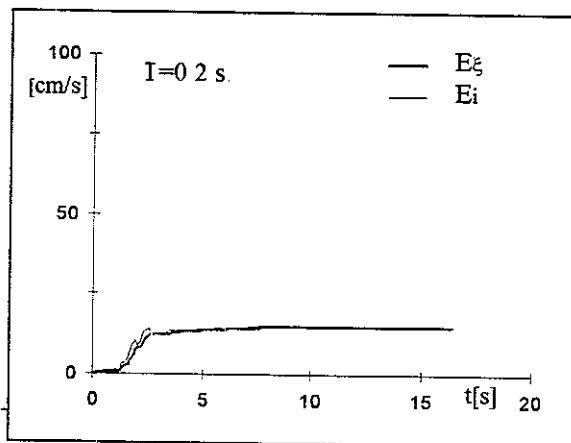
m153 ew - smorzamento 0 - storia temporale delle energie



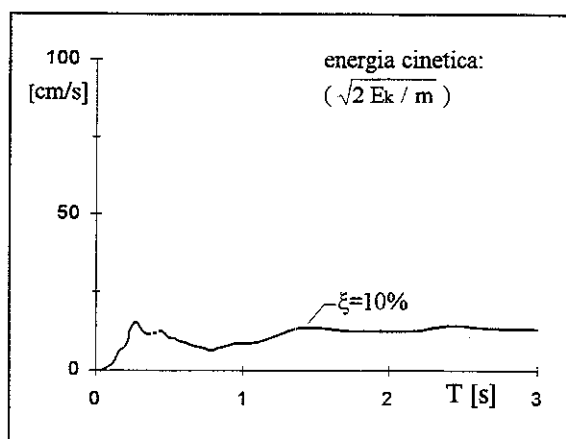
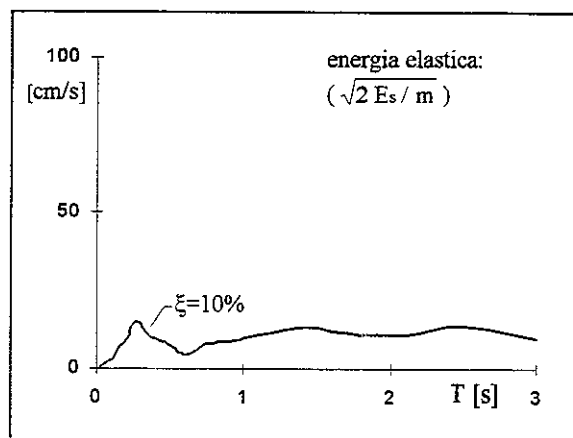
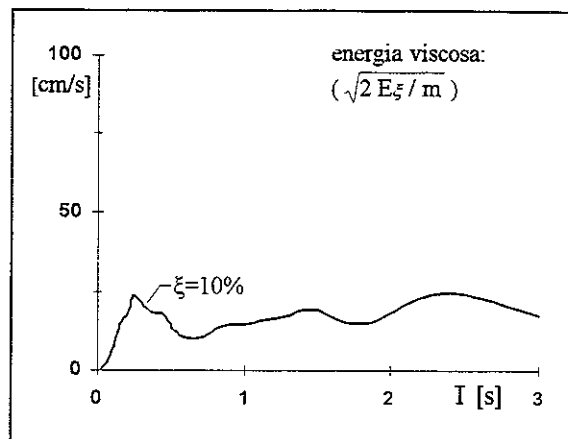
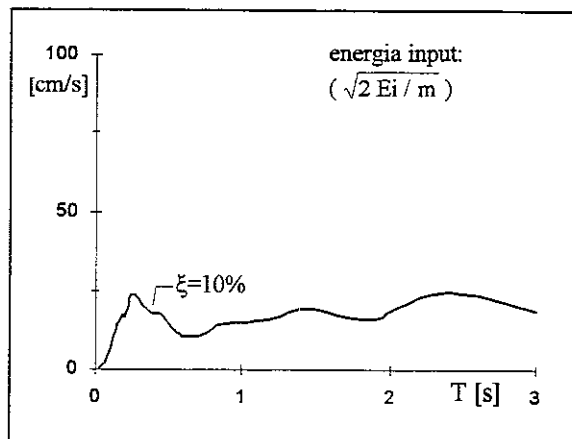
m153 ew - smorzamento 5% - energie



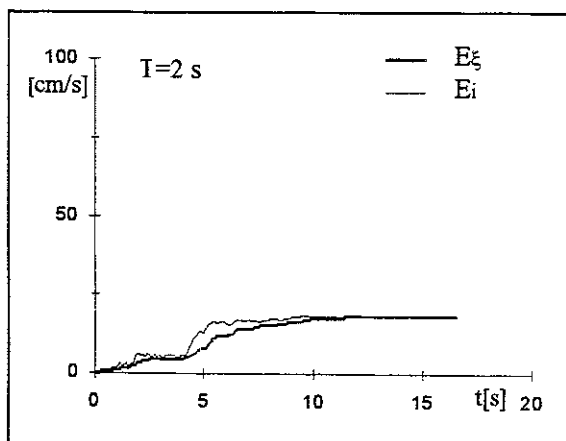
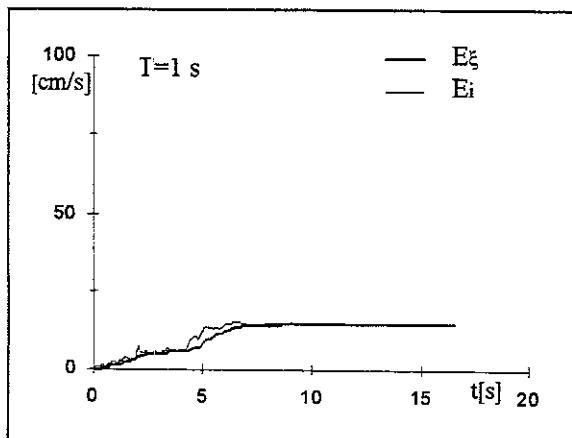
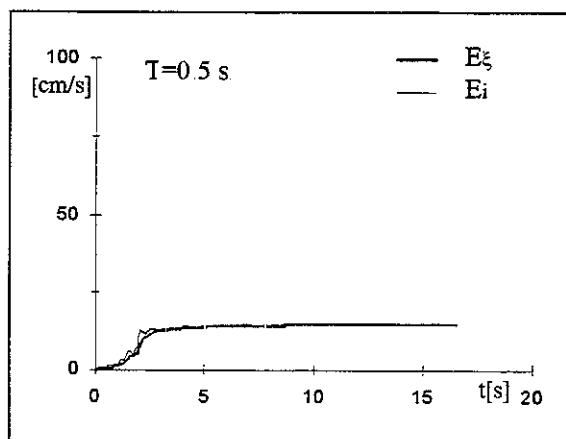
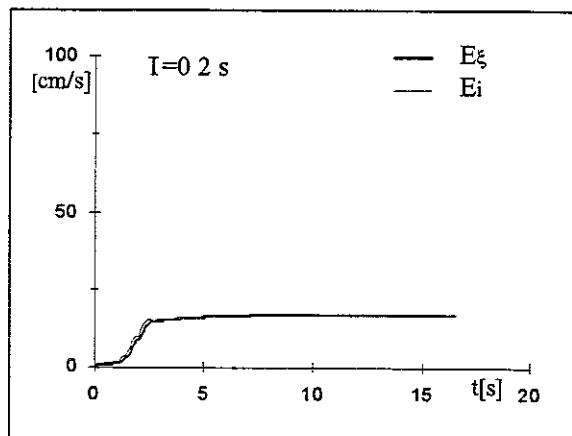
m153 ew - smorzamento 5% - storia temporale delle energie



m153 ew - smorzamento 10% - energie



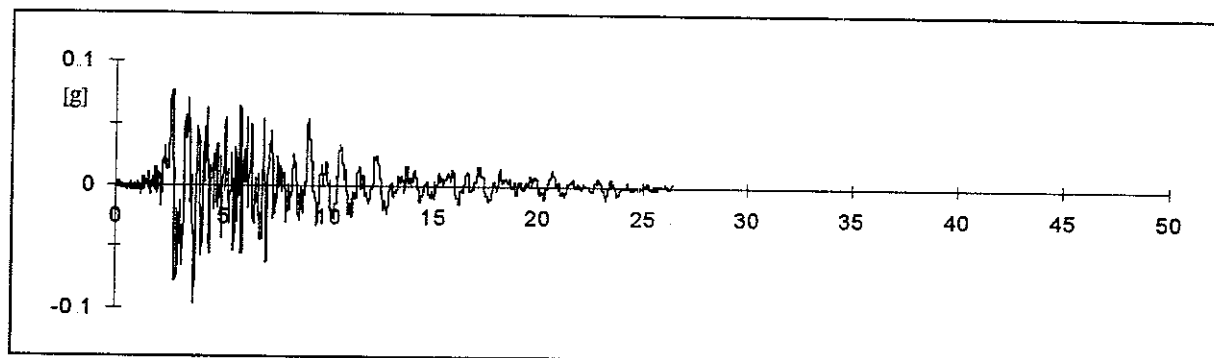
m153 ew - smorzamento 10% - storia temporale delle energie



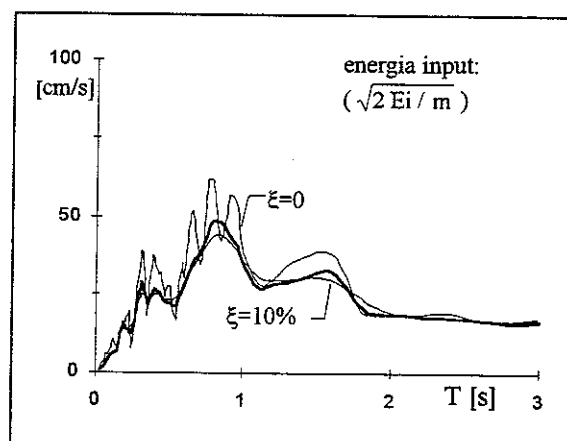
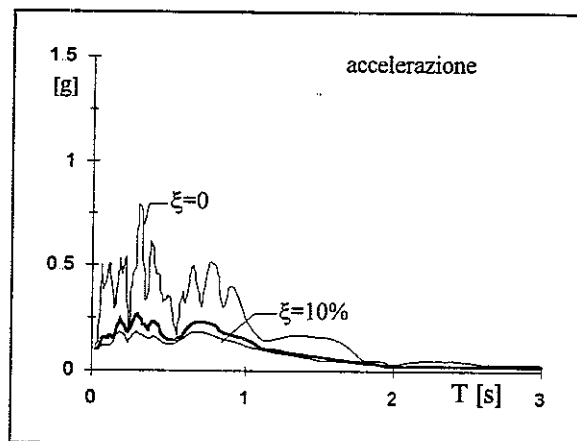
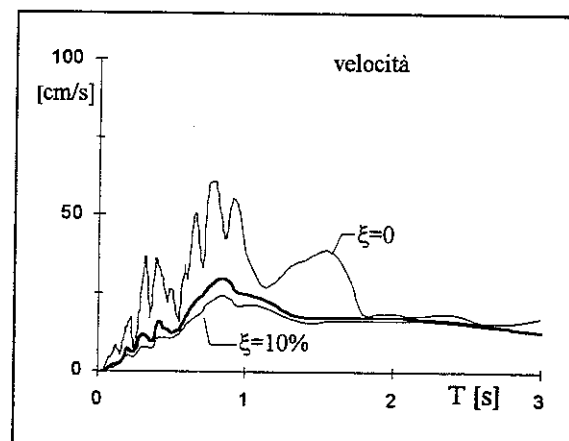
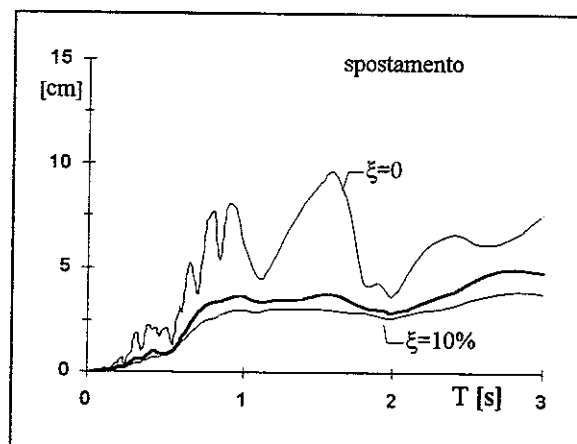
00156 TERREMOTO FRIULI - BUJA 15.09.1976

reg.	ora	durata [s]	comp	PGA [g]	t(PGA) [s]	smorz	ω [Hz]	file	n.p.	M	dist.ep. [Km]	sito
ENEA	03.15.19	26.417	E.W.	0.0944	3.586	0.58	26.40	M200156	10836	6.1	9.8	2/701

m156 ew - accelerogramma

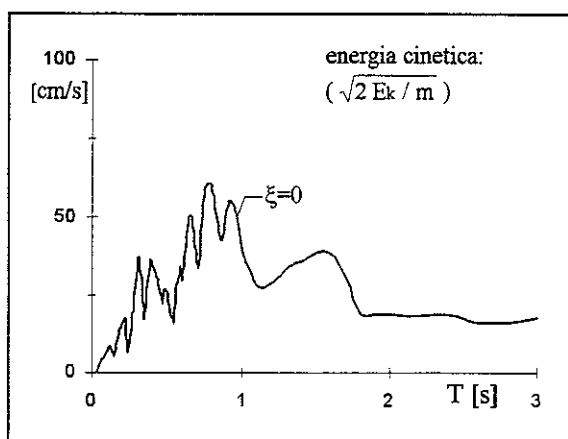
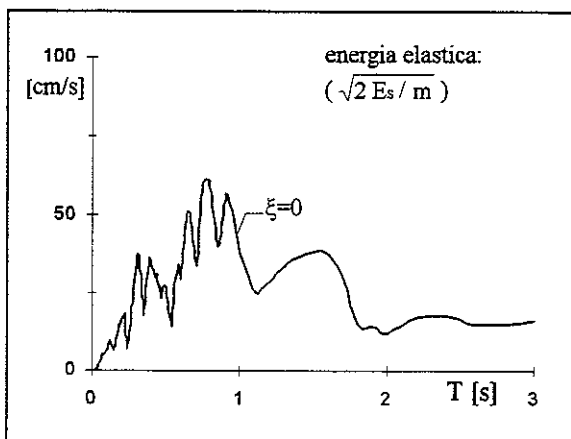
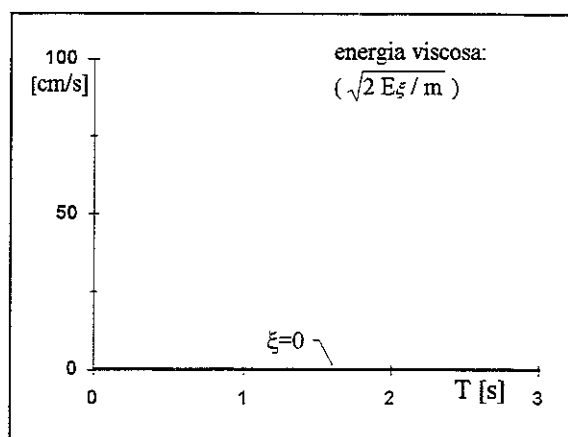
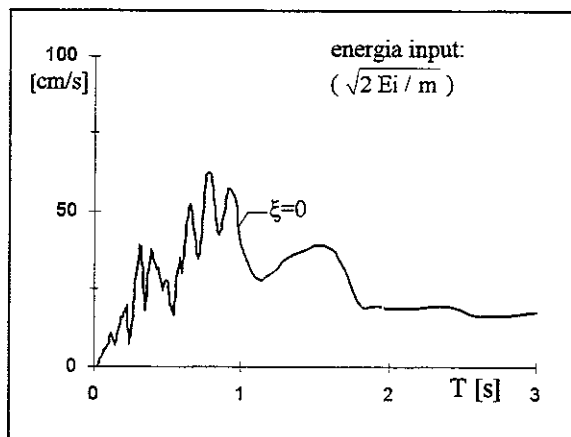


m156 ew - spettri

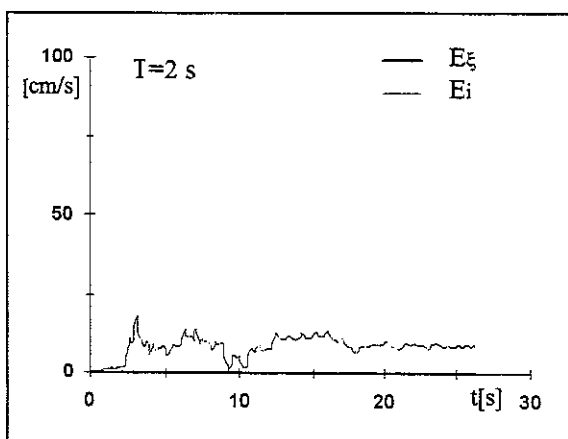
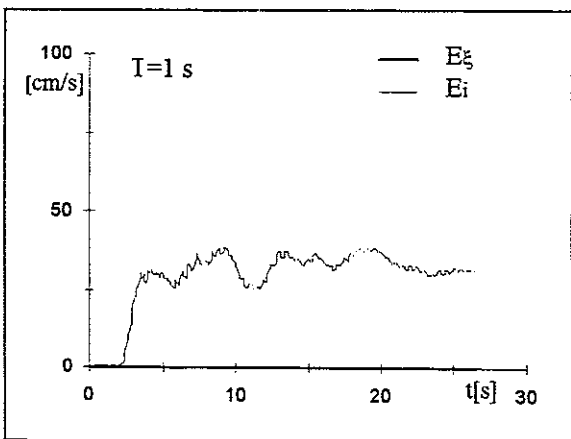
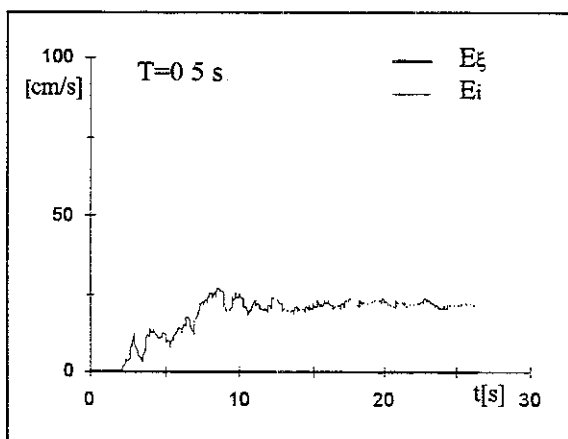
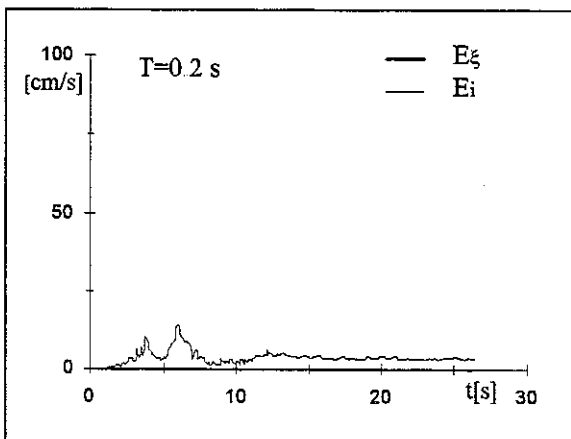


accelerazione/pga							media su intervalli ΔT ($\xi=5\%$)							energia/(pga/ ω)			
0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0
2.013	2.018	1.000	0.485	0.297	0.273	1.014	5.187	11.06	8.457	7.596	5.551	4.133	7.323				

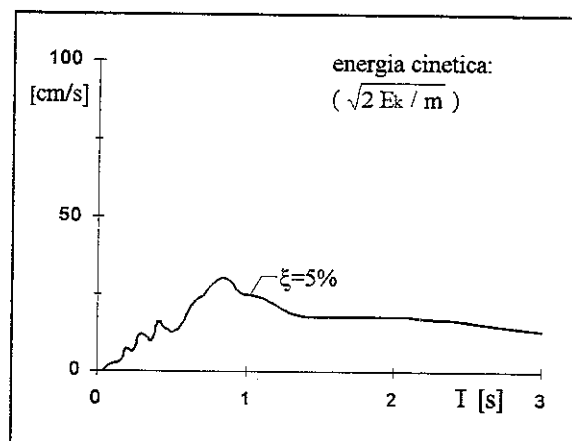
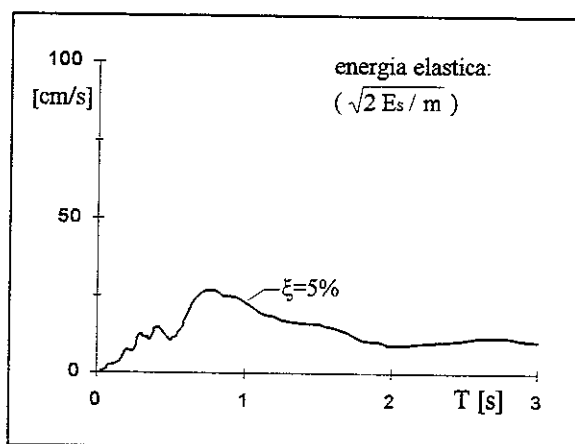
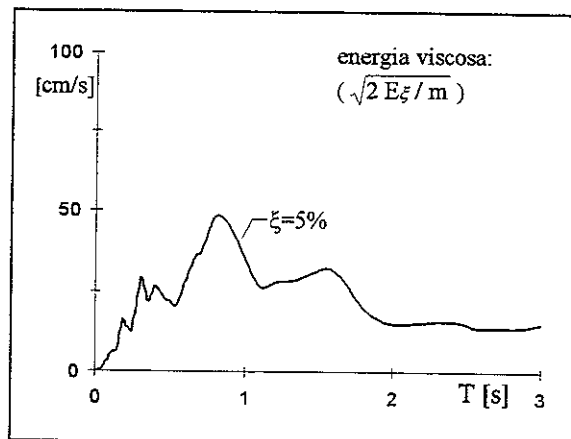
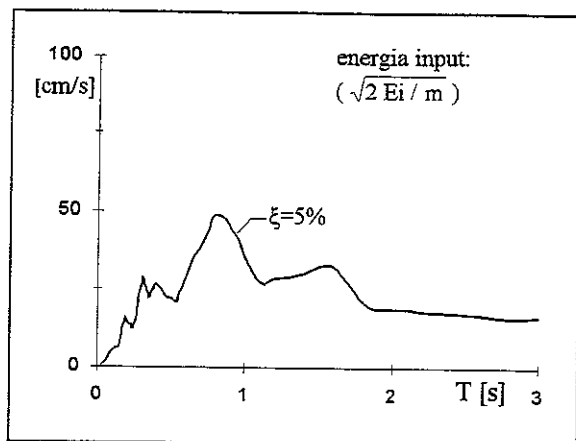
m156 ew - smorzamento 0 - energie



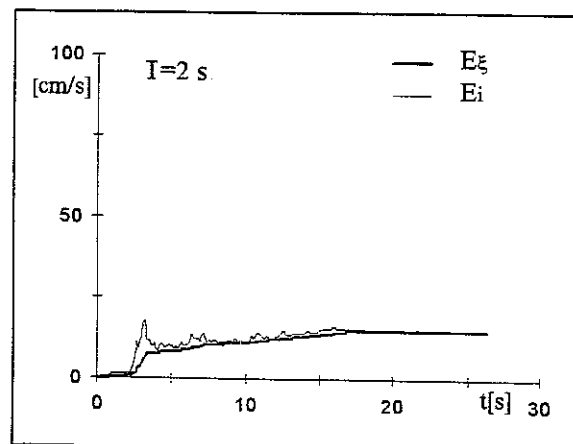
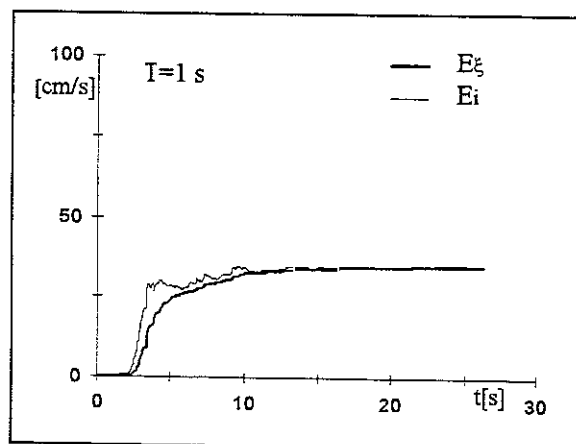
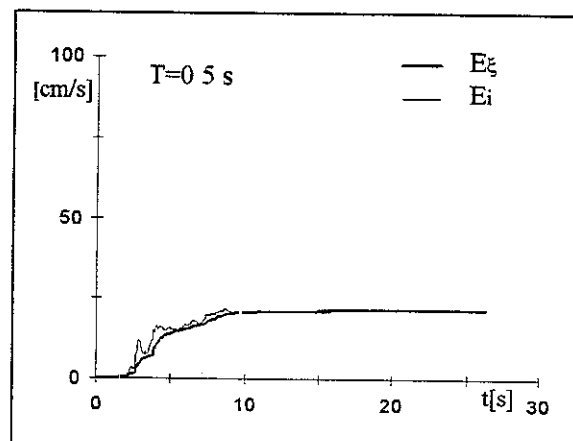
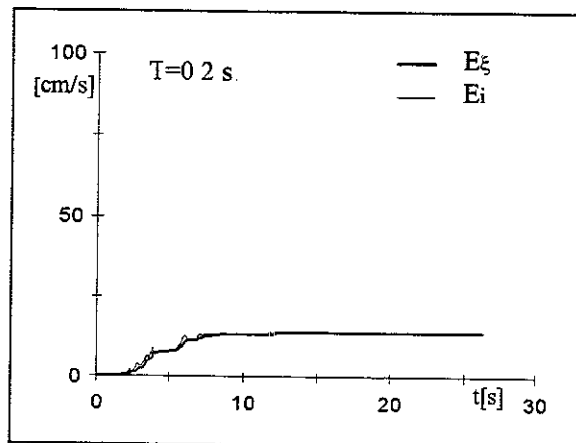
m156 ew - smorzamento 0 - storia temporale delle energie



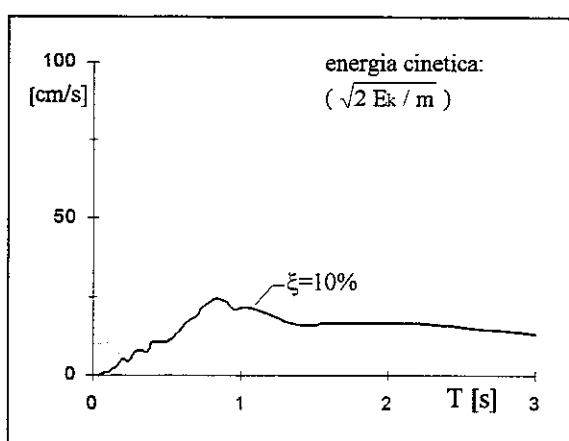
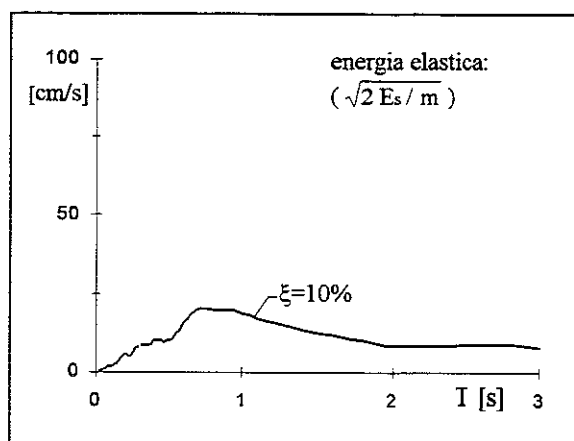
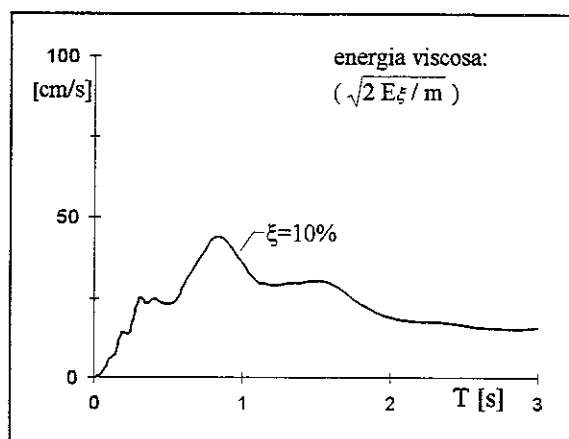
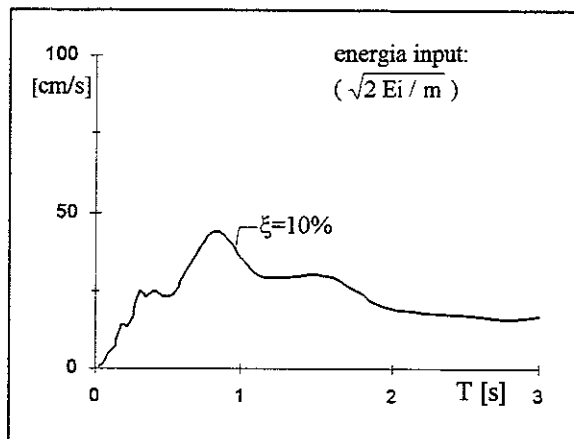
m156 ew - smorzamento 5% - energie



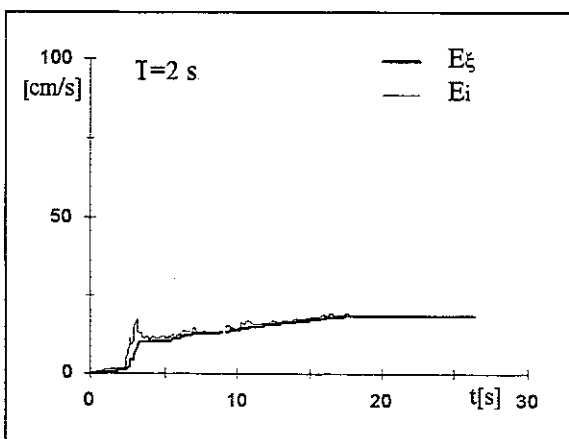
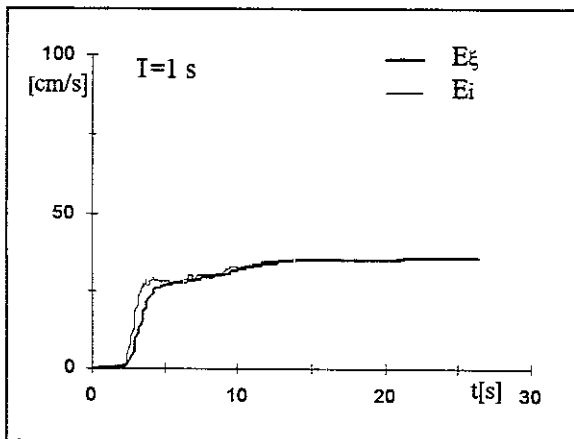
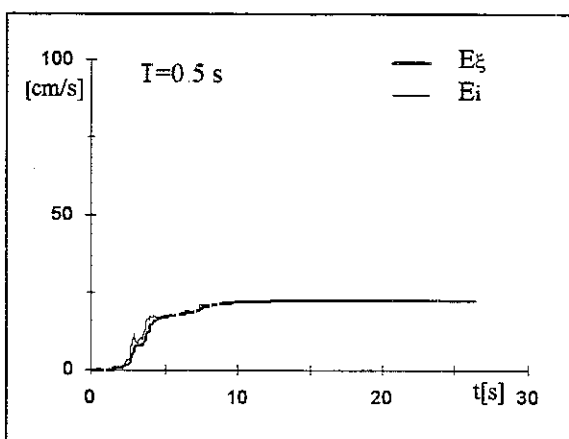
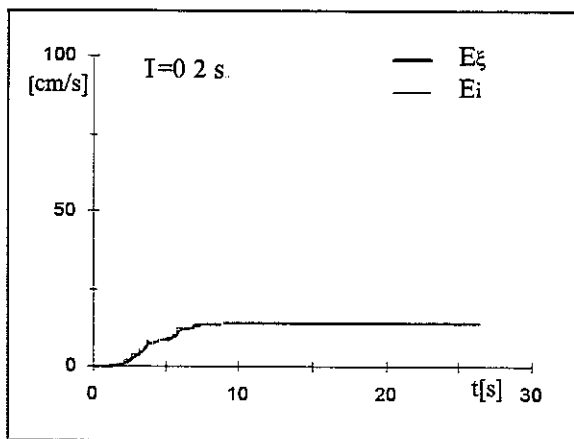
m156 ew - smorzamento 5% - storia temporale delle energie



m156 ew - smorzamento 10% - energie



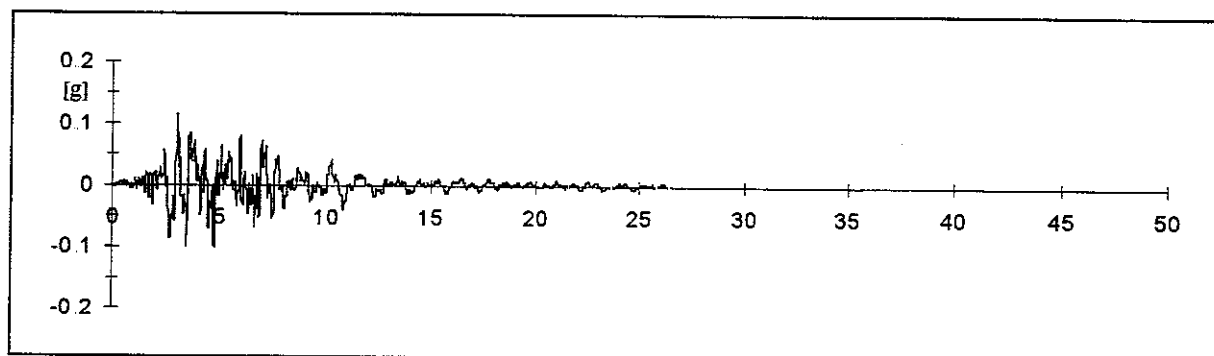
m156 ew - smorzamento 10% - storia temporale delle energie



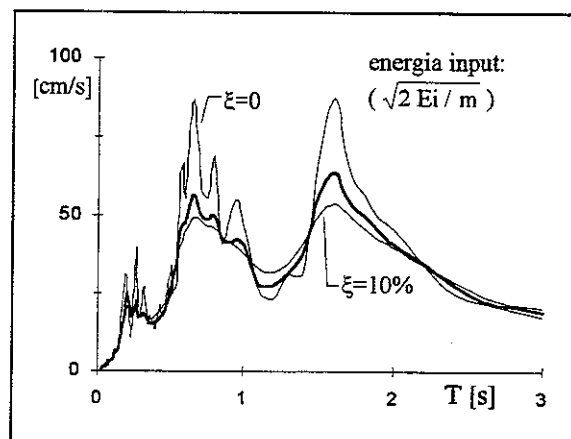
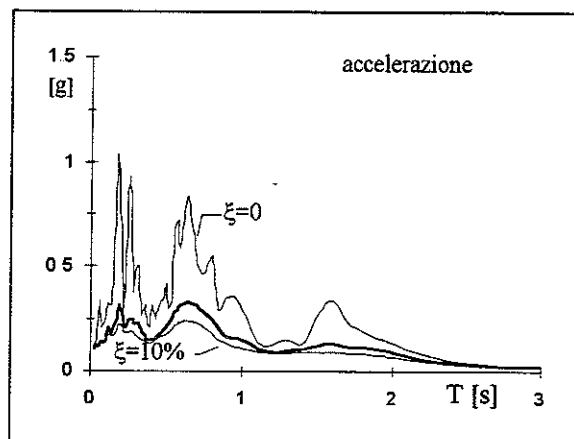
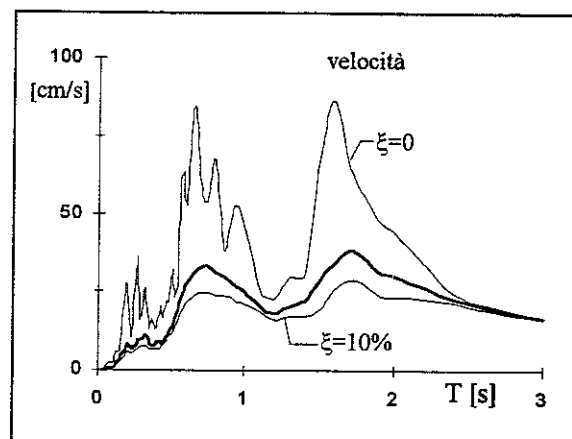
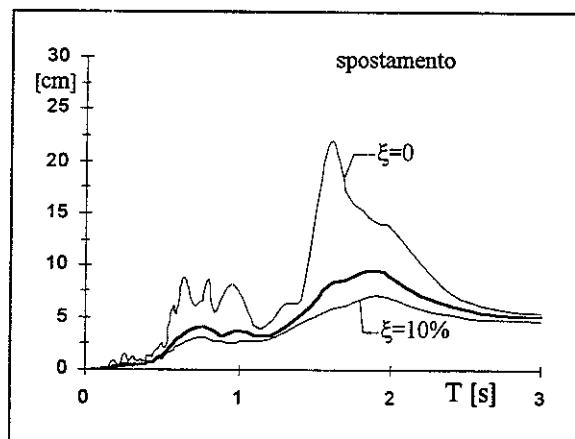
00156 TERREMOTO FRIULI - BUJA 15.09.1976

reg.	ora	durata [s]	comp	PGA [g]	t(PGA) [s]	smorz	ω [Hz]	file	n.p.	M	dist.ep. [Km]	sito
ENEA	03.15.19	26.422	N.S.	0.1115	3.050	0.61	25.70	M200156	10838	6.1	9.8	2/701

m156 ns - accelerogramma

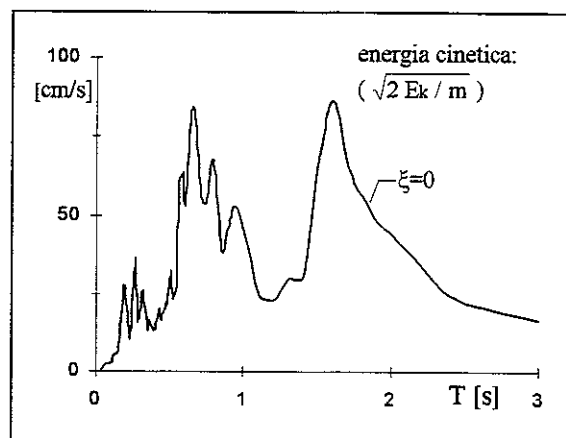
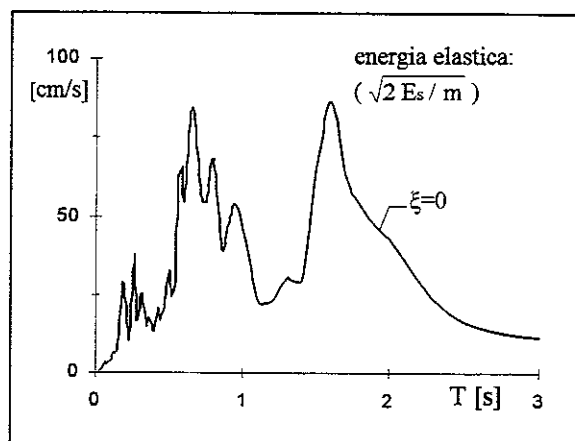
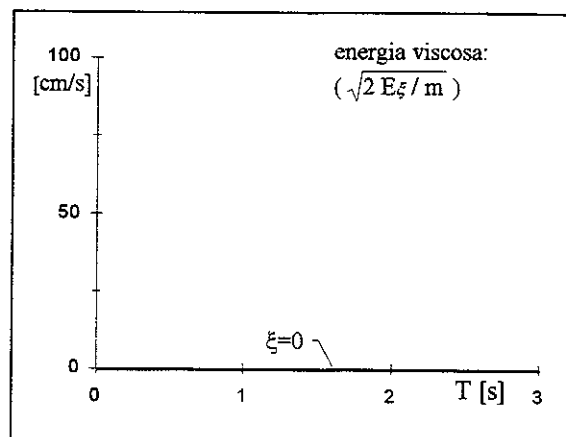
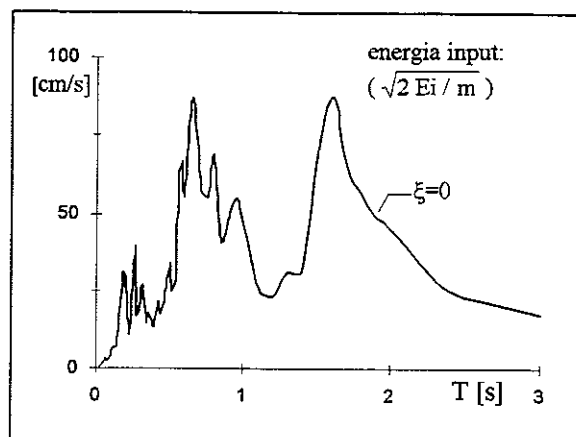


m156 ns - spettri

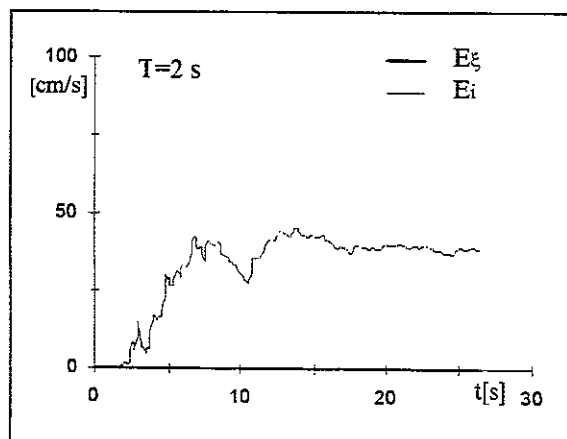
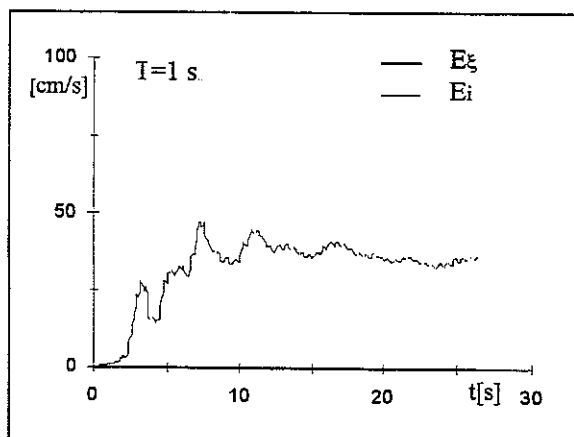
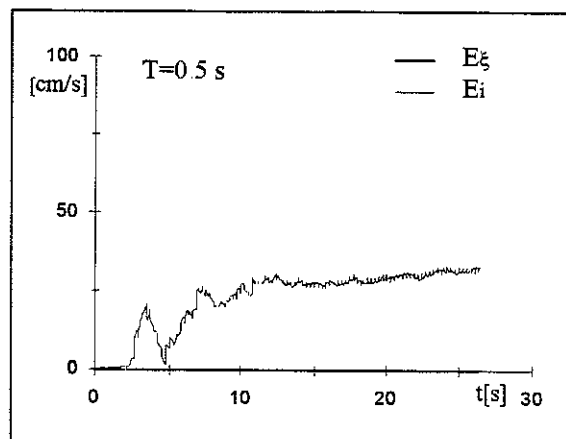
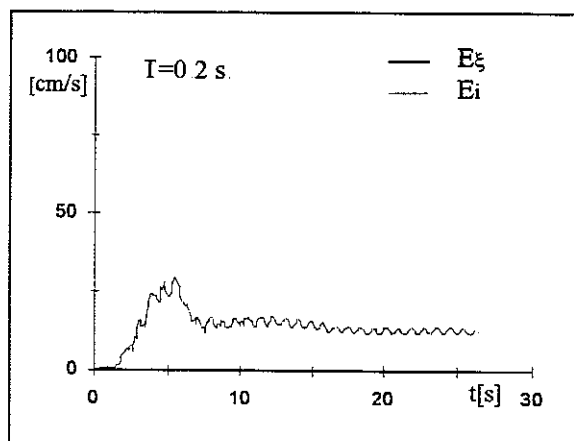


accelerazione/pga							media su intervalli ΔT ($\xi=5\%$)							energia/(pga/ ω)			
0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0
1.702	2.236	0.968	1.039	0.522	0.256	1.120	3.690	10.75	8.404	12.46	8.146	4.405	8.570				

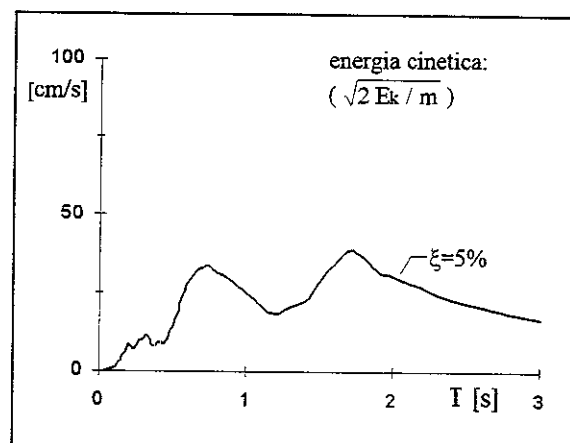
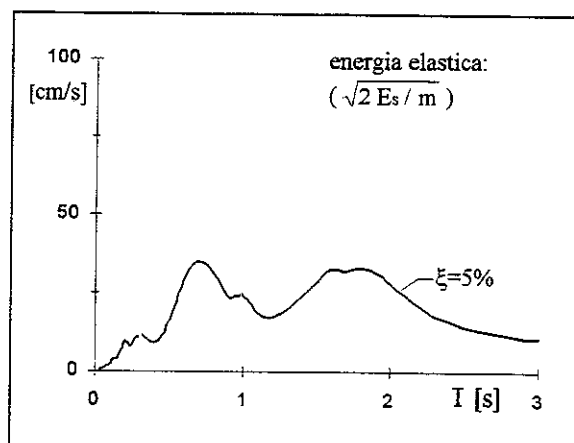
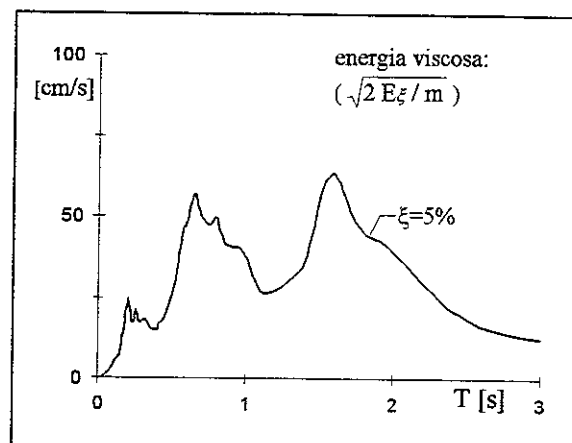
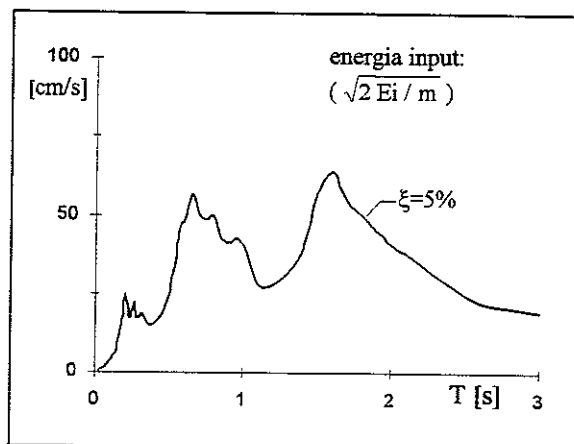
m156 ns - smorzamento 0 - energie



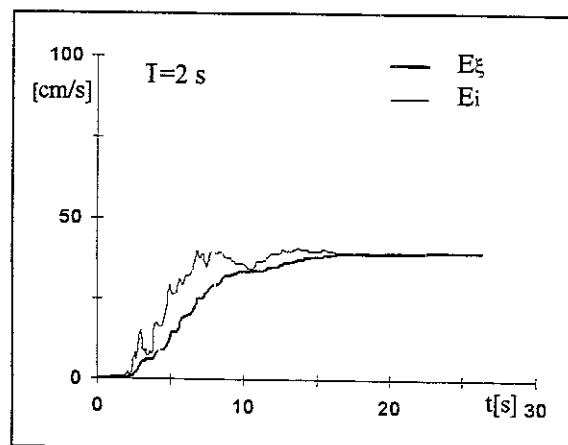
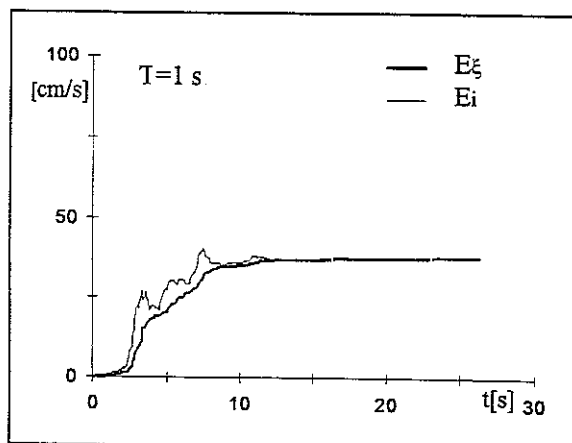
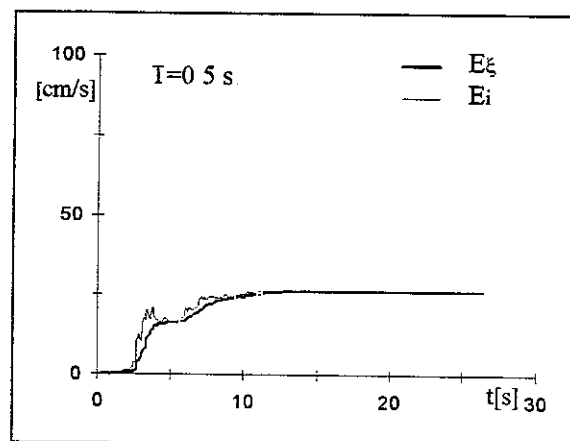
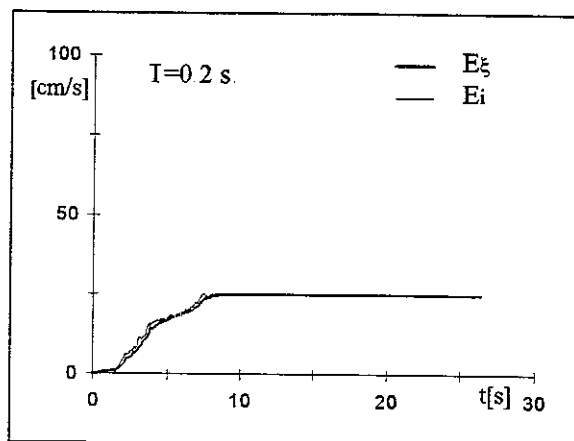
m156 ns - smorzamento 0 - storia temporale delle energie



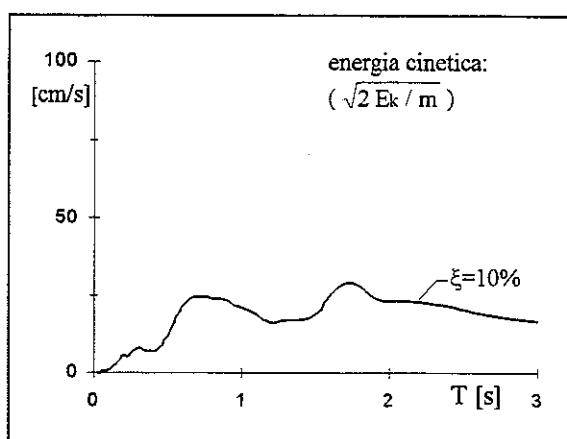
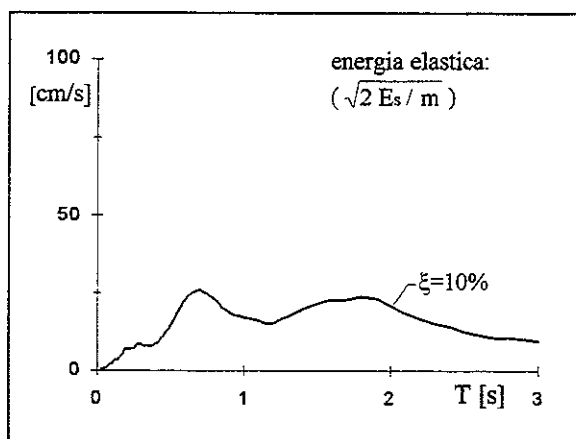
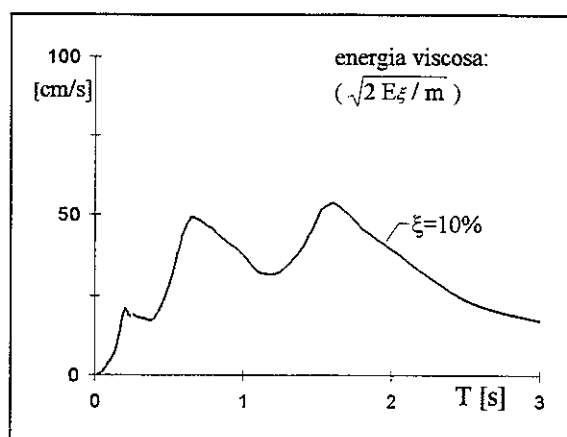
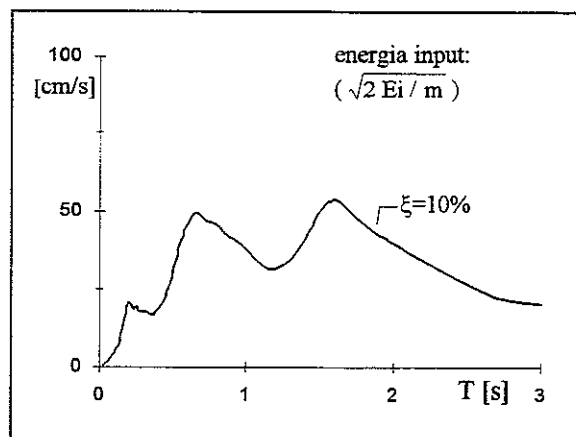
m156 ns - smorzamento 5% - energie



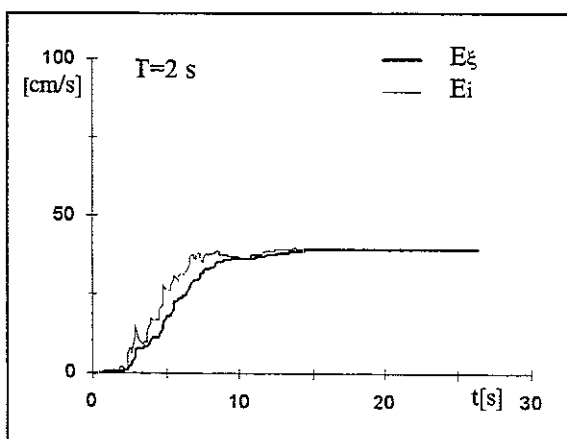
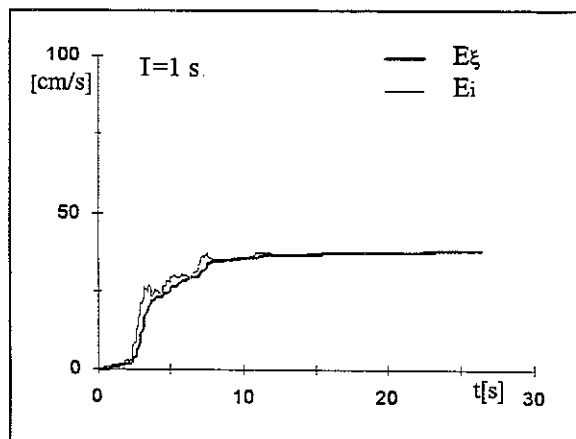
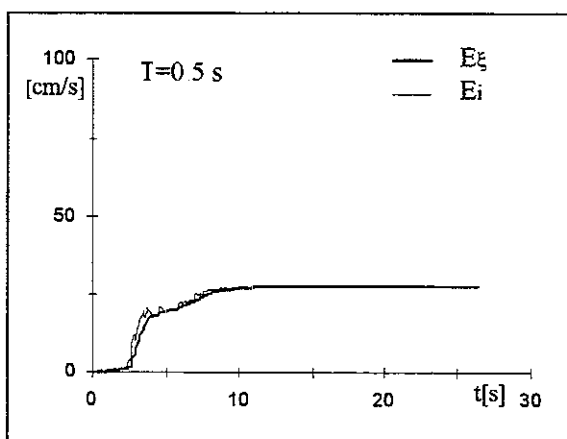
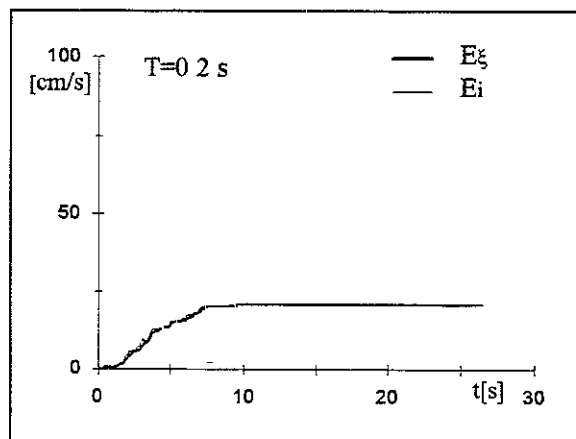
m156 ns - smorzamento 0 - storia temporale delle energie



m156 ns - smorzamento 10% - energie



m156 ns - smorzamento 10% - storia temporale delle energie

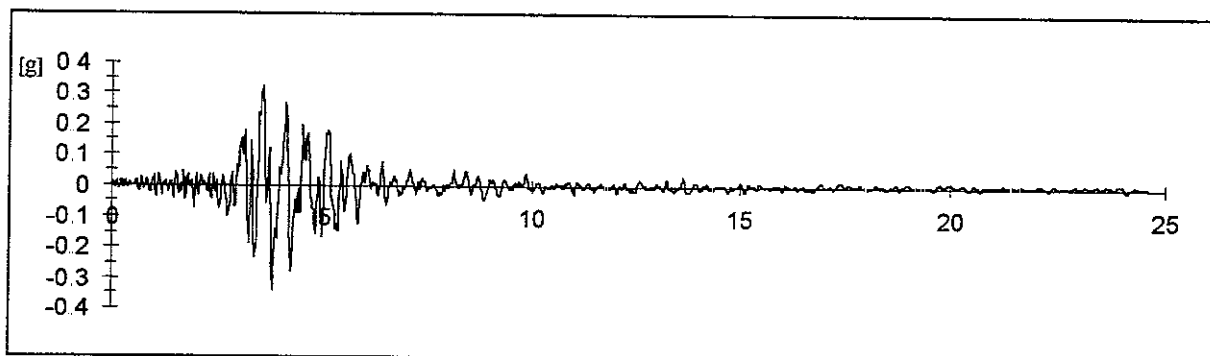


00168 TERREMOTO FRIULI - FORGARIA CORNINO

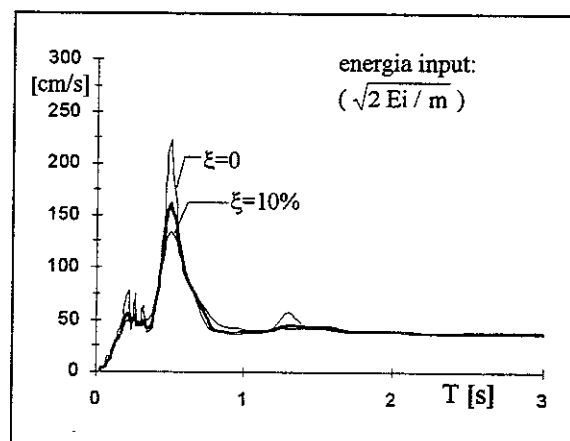
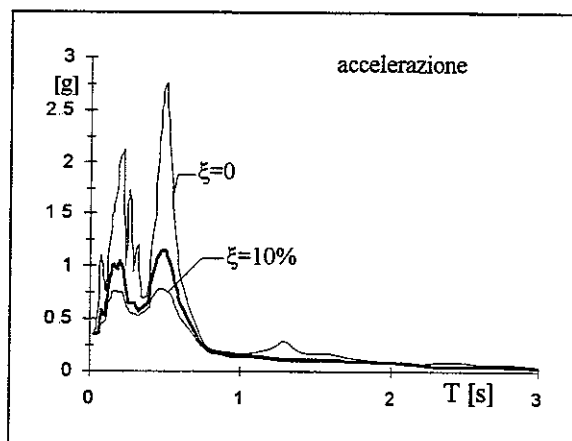
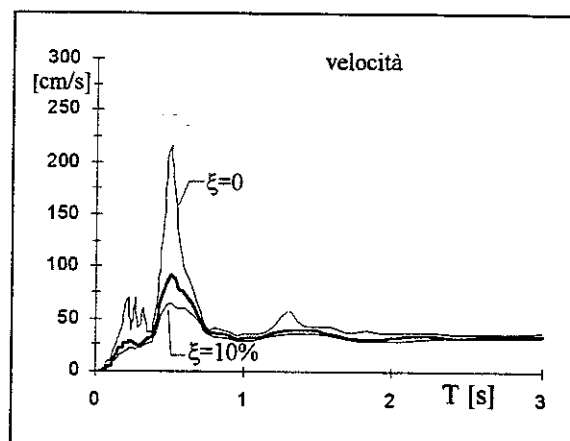
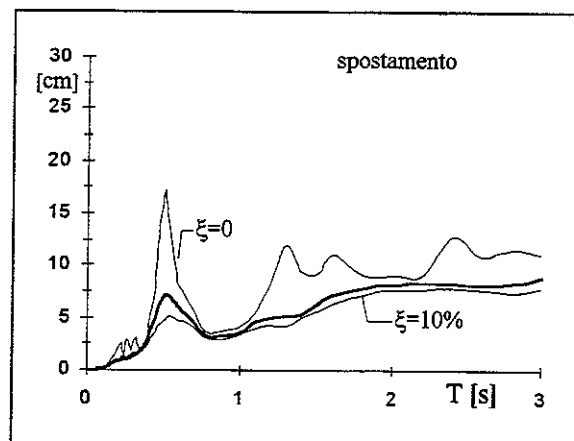
15.09.1976

reg.	ora	durata [s]	comp	PGA [g]	t(PGA) [s]	smorz	ω [Hz]	file	n.p.	M	dist.ep. [Km]	sito
ENEA	09.21.18	24.579	E.W.	-0.3361	3.815	0.59	26.50	M200168	10082	6.0	15.8	1/701

m168 ew - accelerogramma

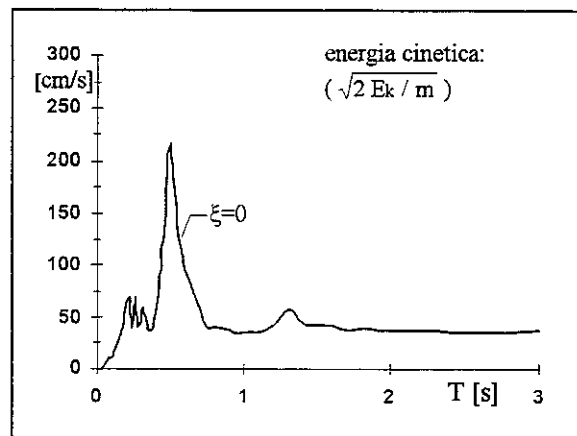
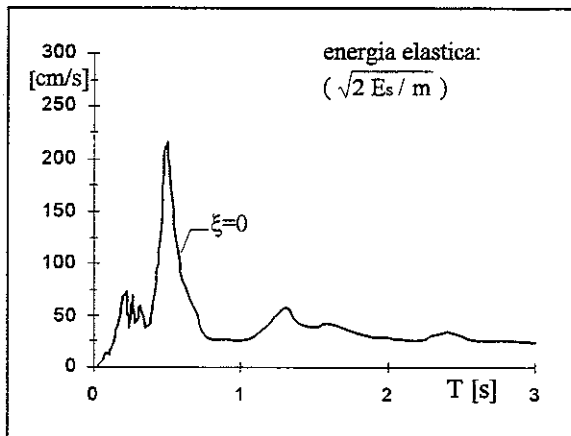
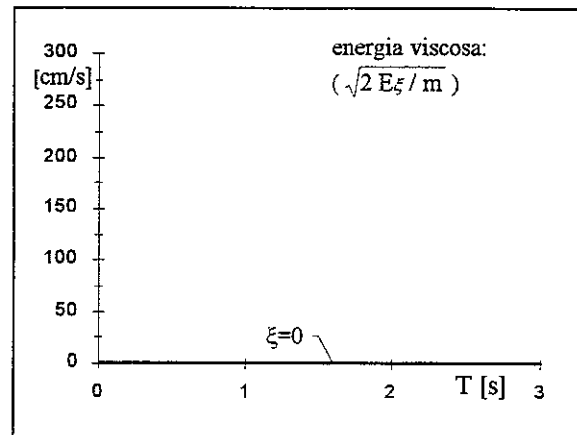
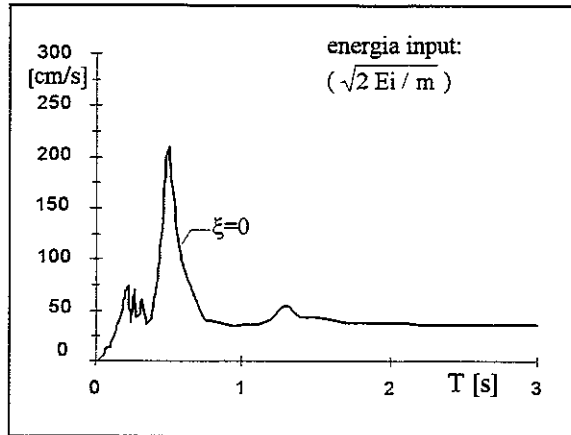


m168 ew - spettri

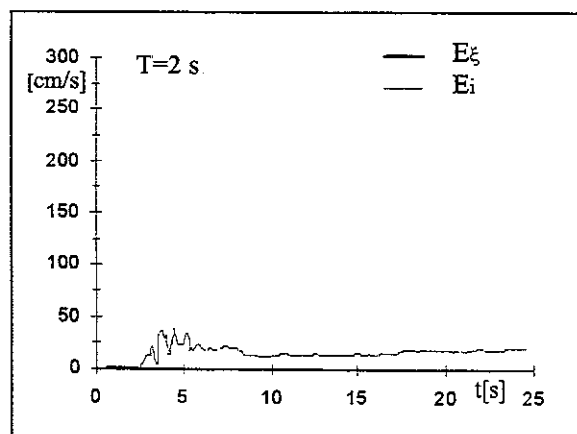
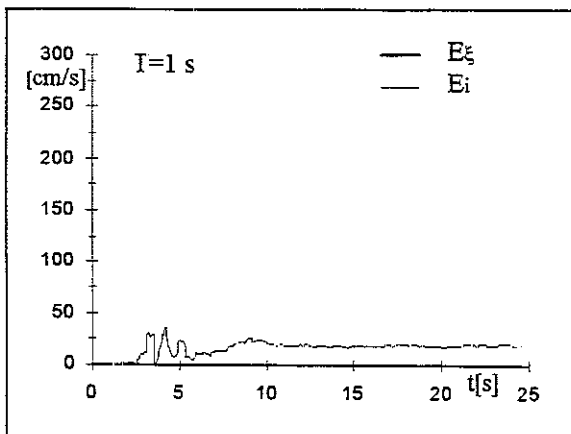
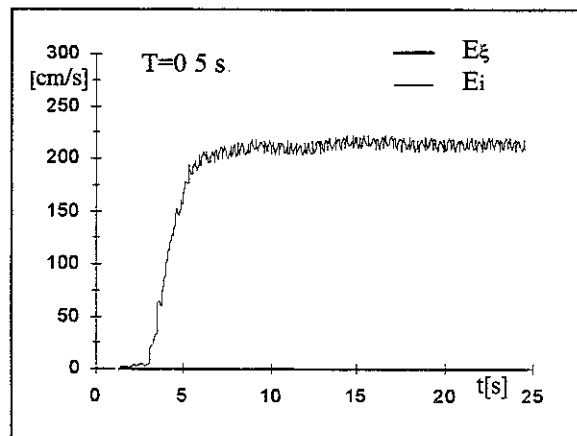
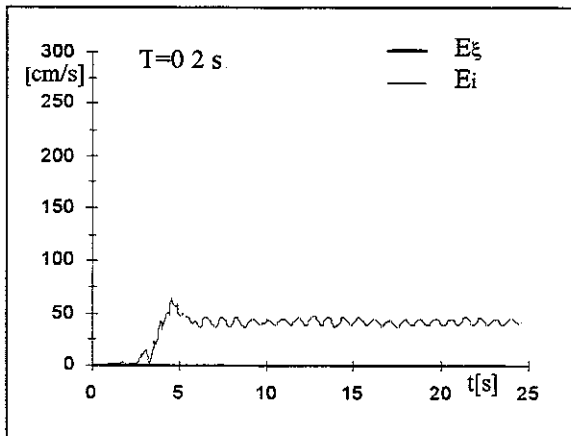


accelerazione/pga							media su intervalli ΔT ($\xi=5\%$)							energia/(pga/ ω)			
0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0
2.242	1.203	0.388	0.301	0.200	0.134	0.744	5.156	6.106	3.363	3.239	3.340	2.721	4.168				

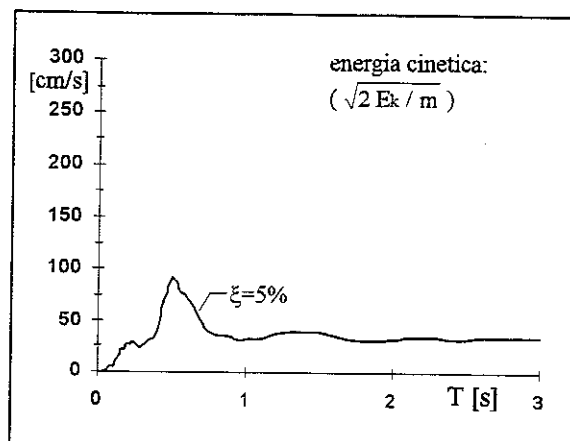
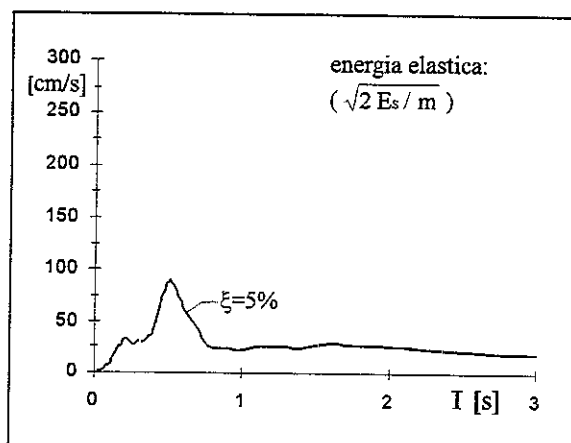
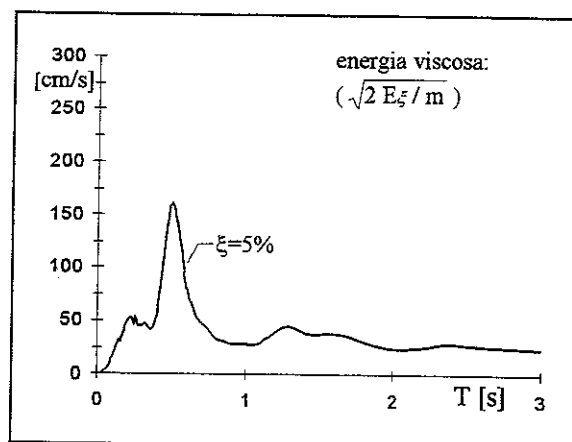
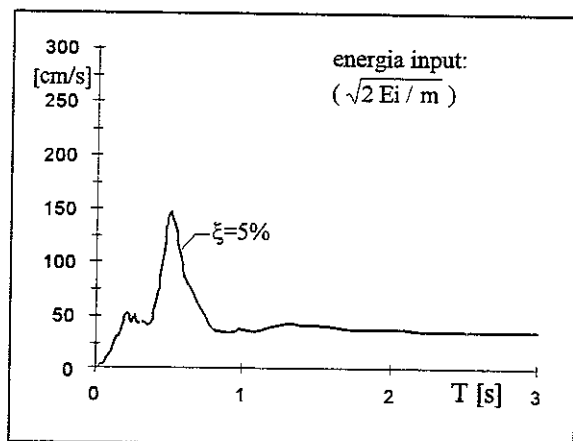
m168 ew - smorzamento 0 - energie



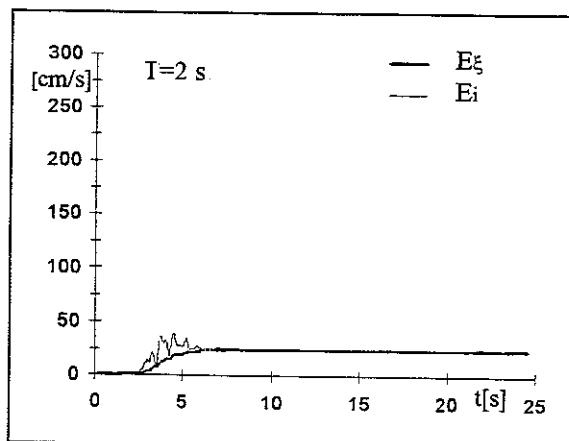
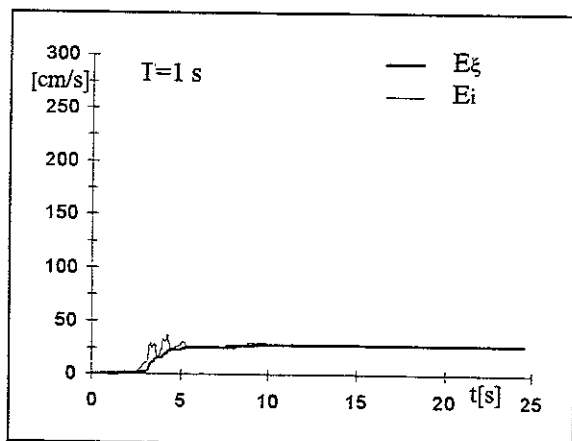
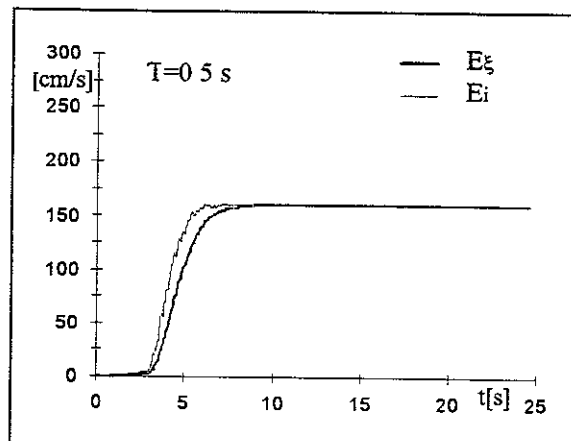
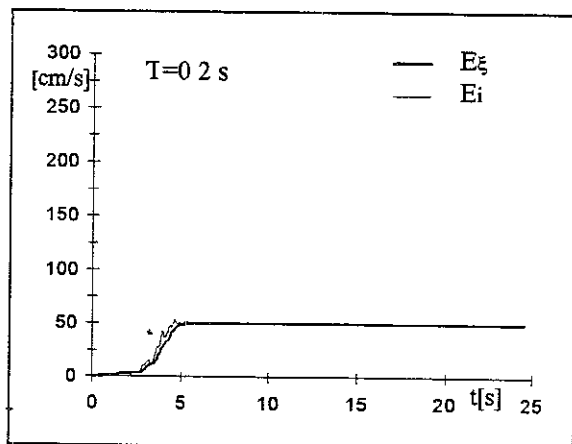
m168 ew- smorzamento 0 - storia temporale delle energie



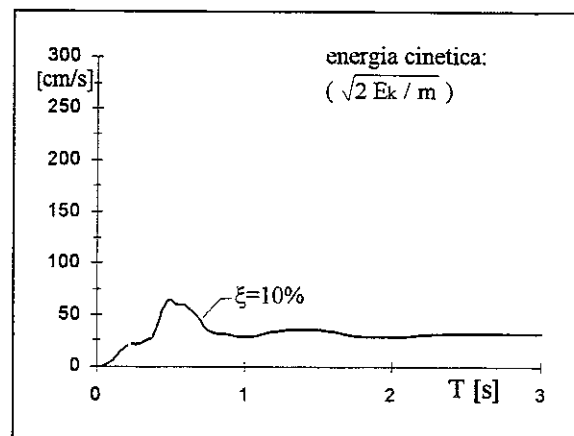
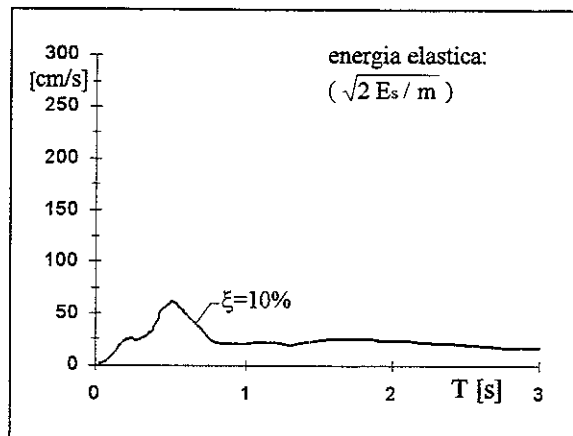
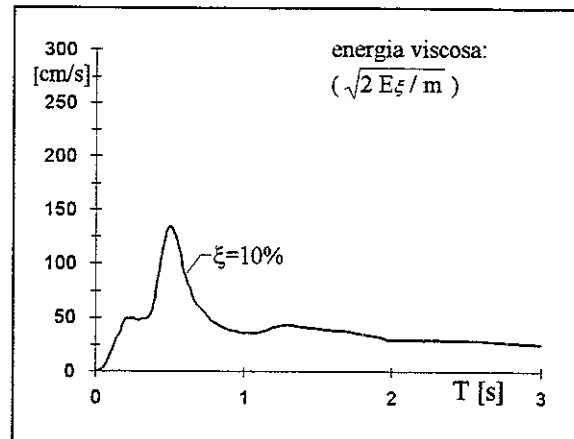
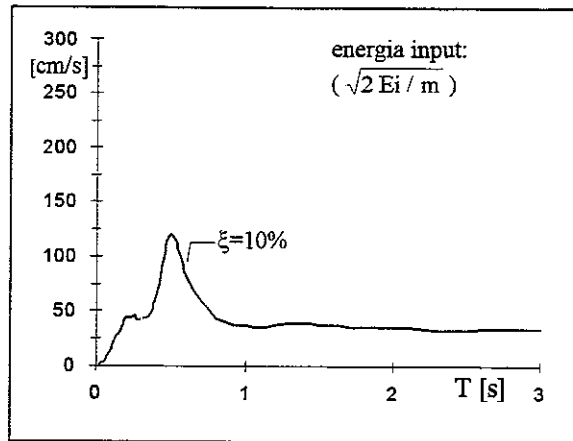
m168 ew - smorzamento 5% - energie



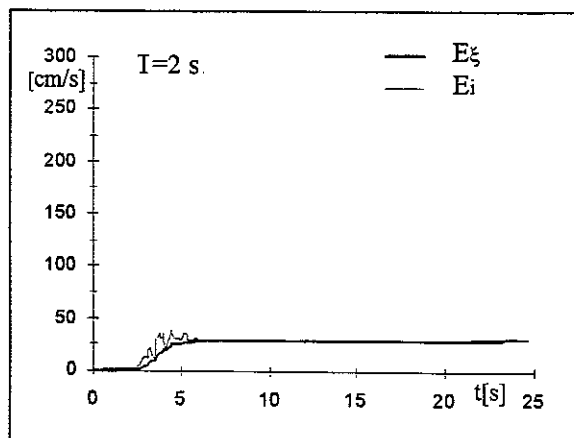
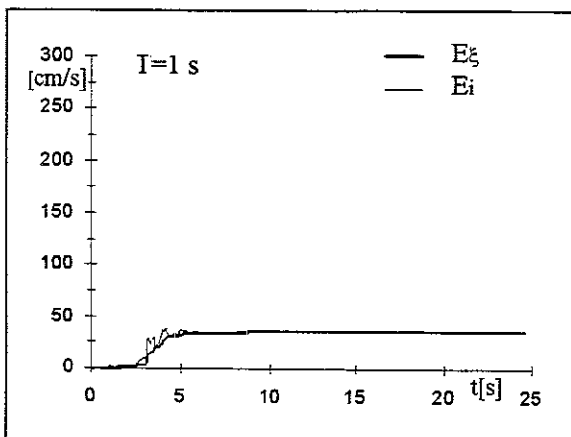
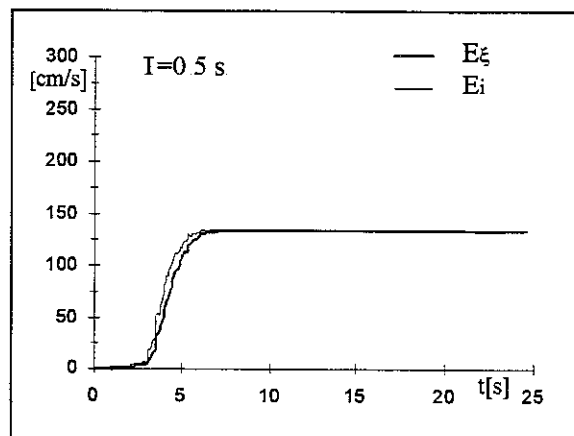
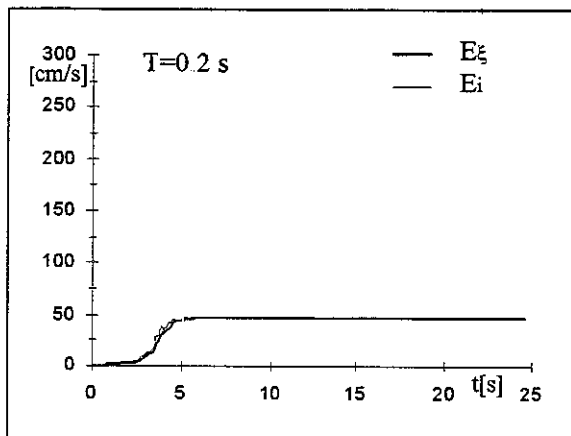
m168 ew - smorzamento 5% - storia temporale delle energie



m168 ew - smorzamento 10% - energie



m168 ew - smorzamento 10% - storia temporale delle energie

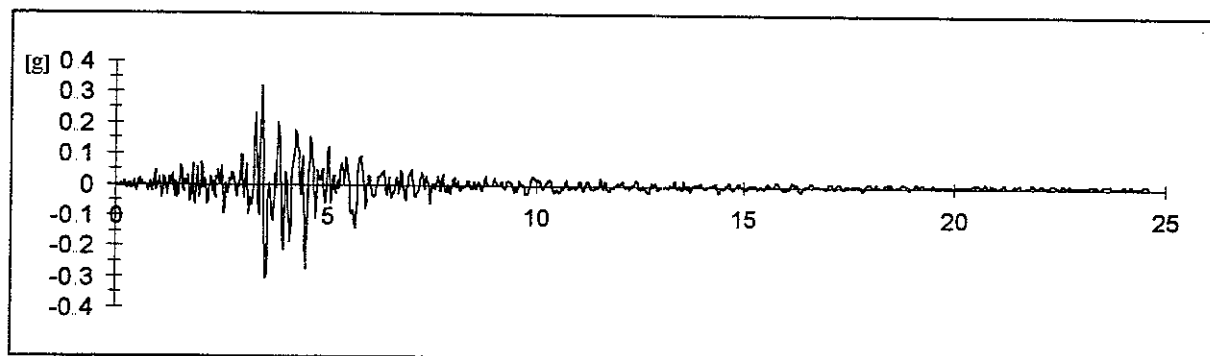


00168 TERREMOTO FRIULI - FORGARIA CORNINO

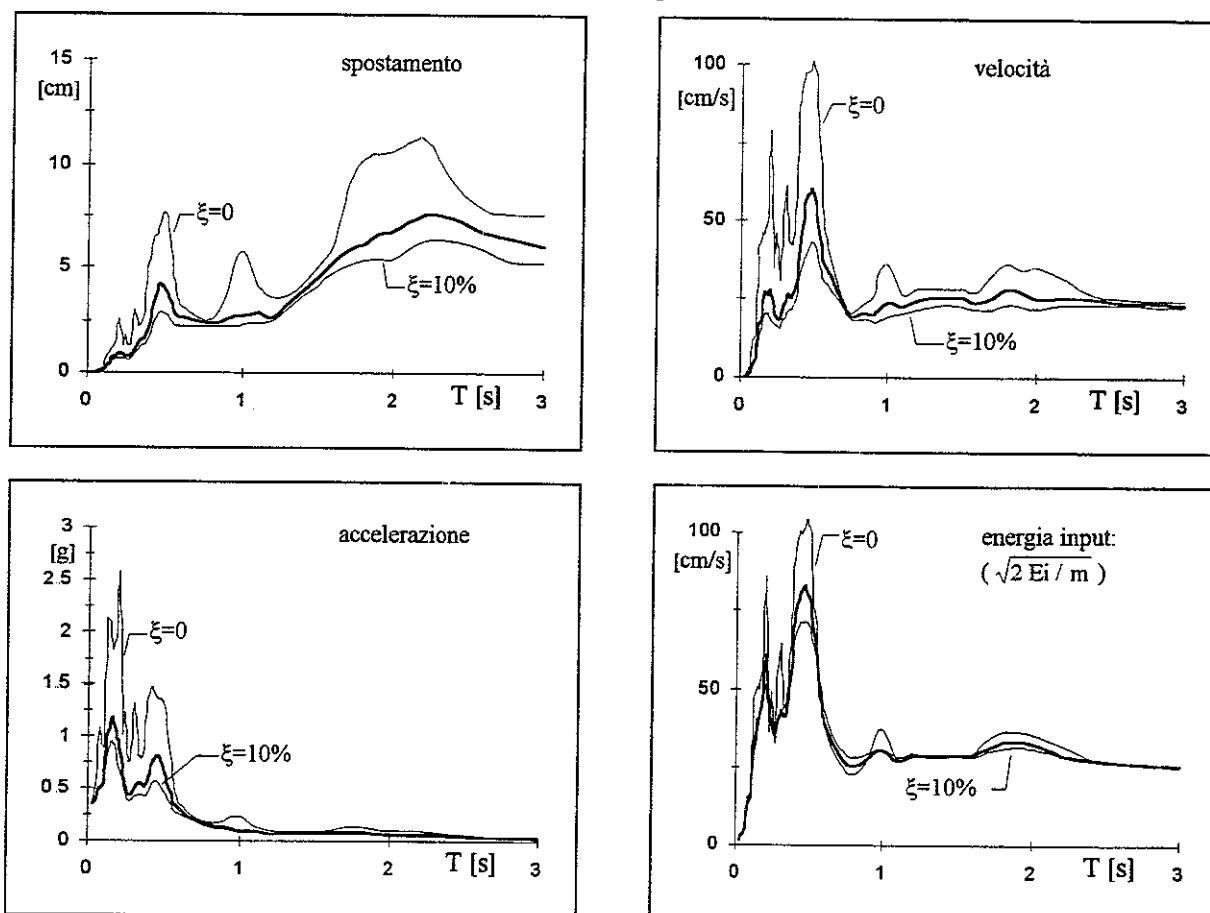
15.09.1976

reg.	ora	durata [s]	comp	PGA [g]	t(PGA) [s]	smorz	ω [Hz]	file	n.p.	M	dist.ep. [Km]	sito
ENEA	09.21.18	24.574	N.S.	0.3521	3.435	0.60	25.90	M200168	10080	6.0	15.8	1/701

m168 ns - accelerogramma

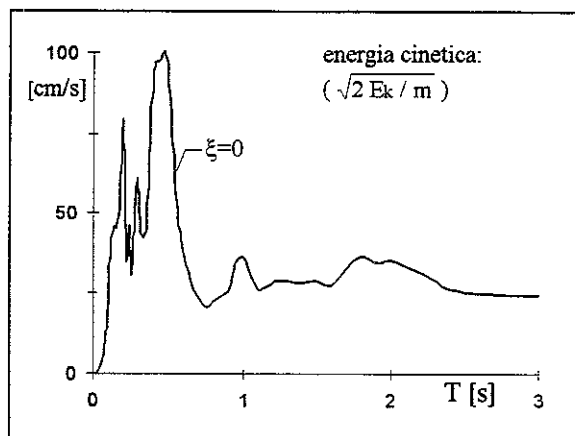
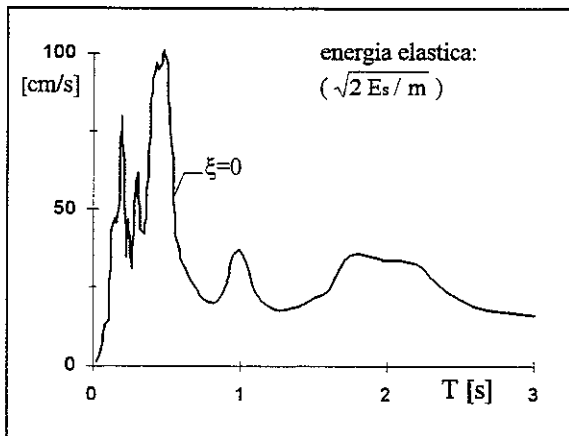
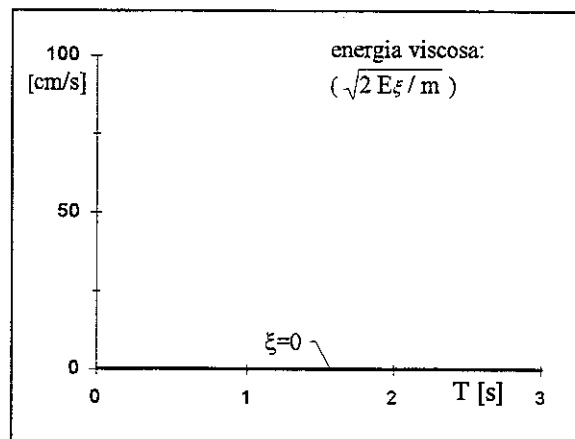
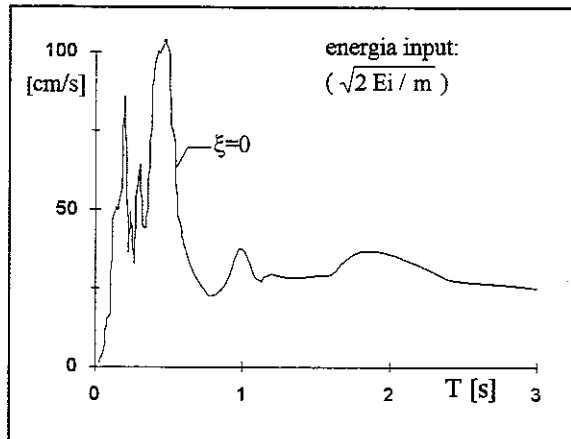


m168 ns - spettri

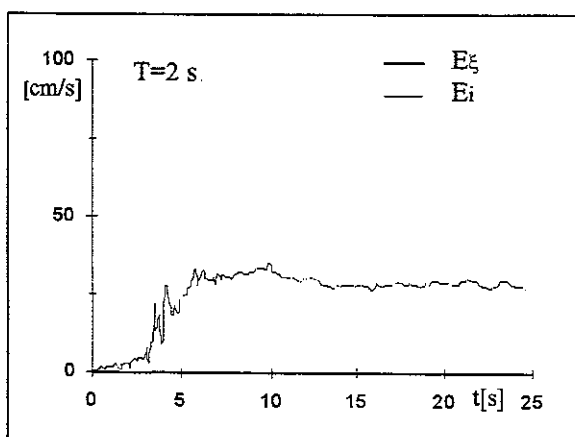
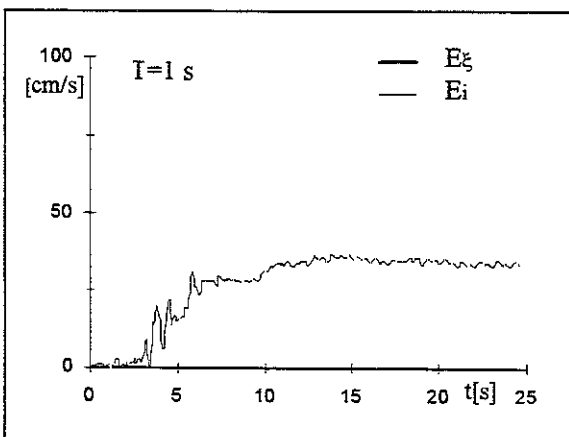
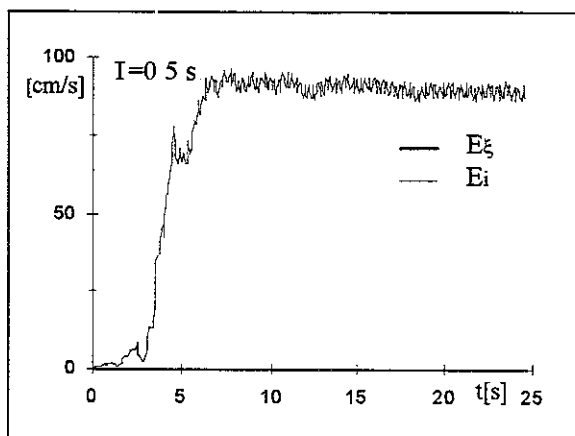
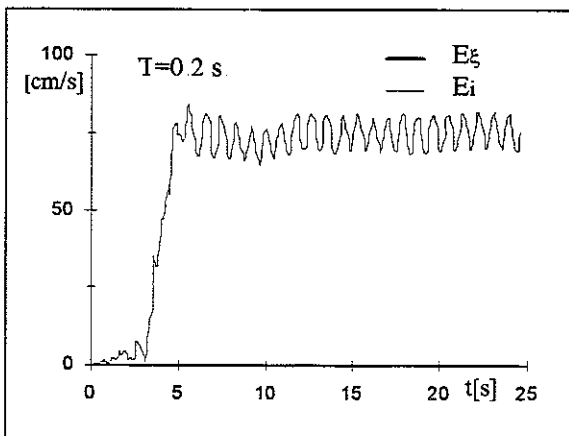


accelerazione/pga							media su intervalli ΔT ($\xi=5\%$)							energia/(pga/ ω)			
0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0
1.881	0.619	0.243	0.223	0.168	0.100	0.539	3.742	2.788	2.144	2.357	2.357	1.741	2.599				

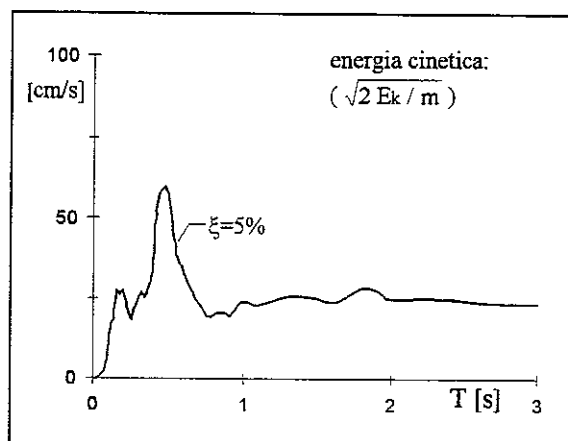
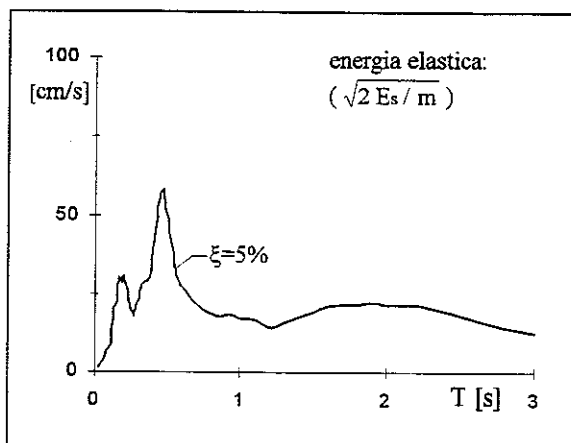
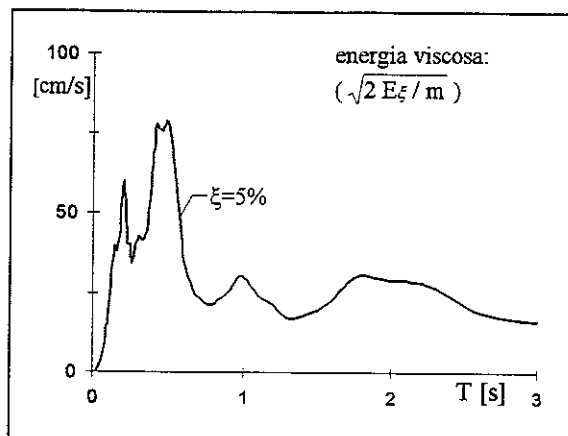
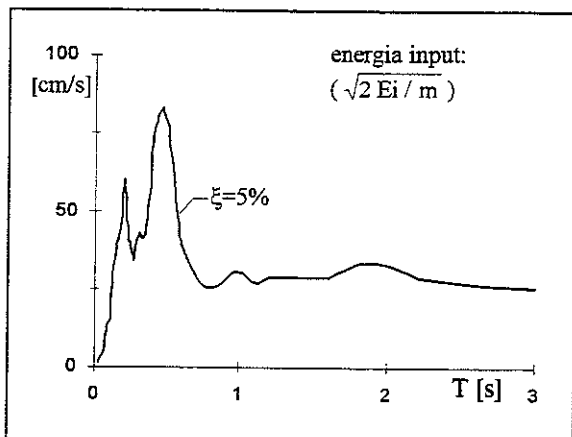
m168 ns - smorzamento 0 - energie



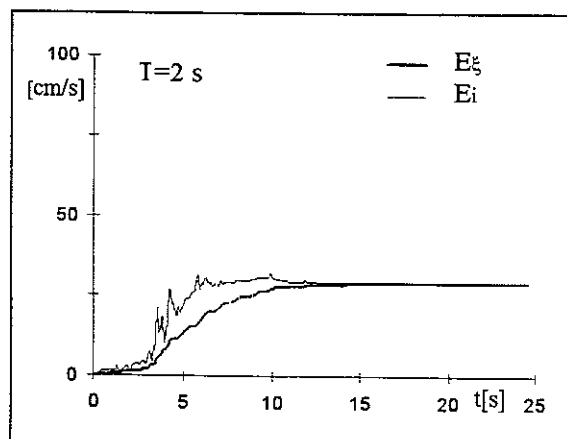
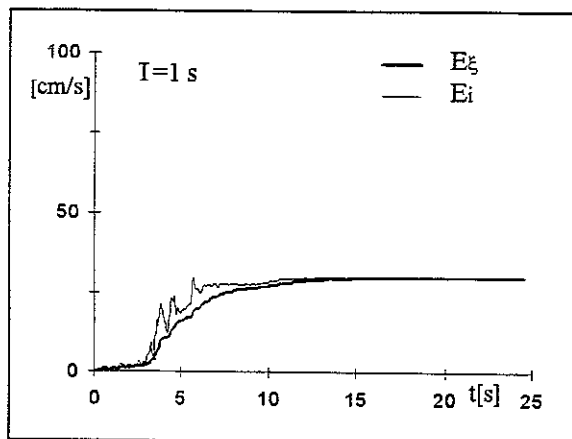
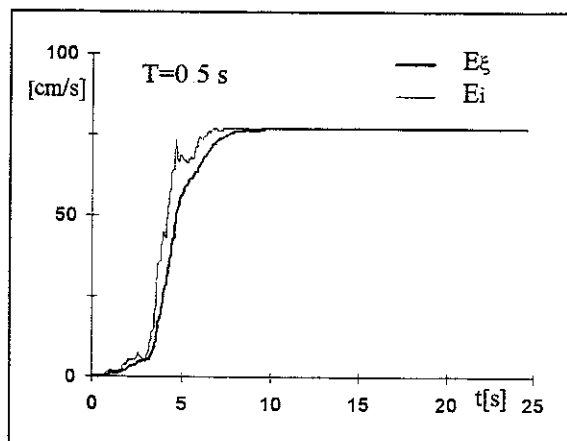
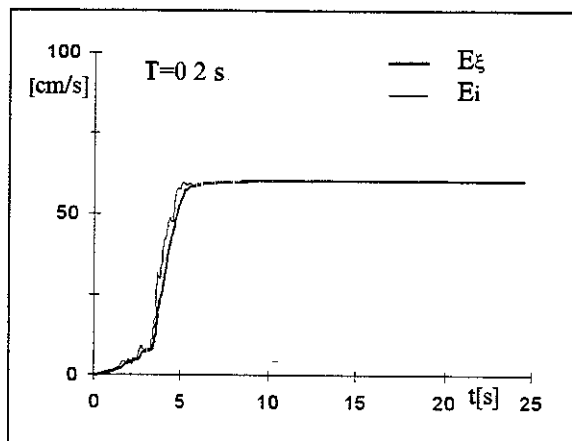
m168 ns - smorzamento 0 - storia temporale delle energie



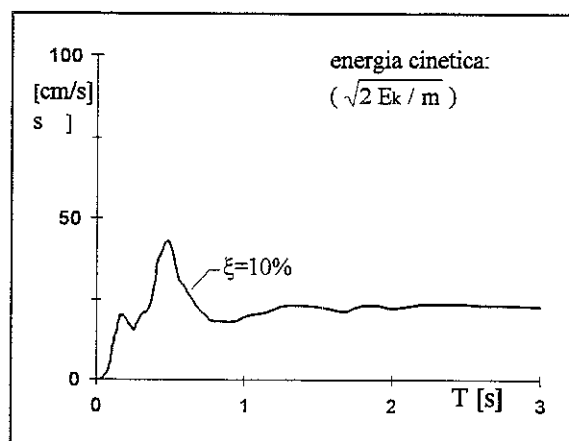
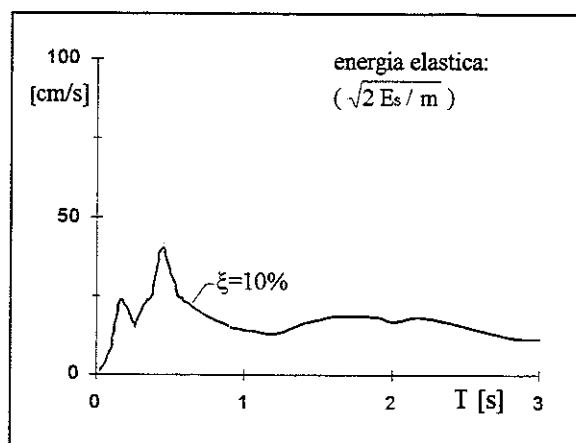
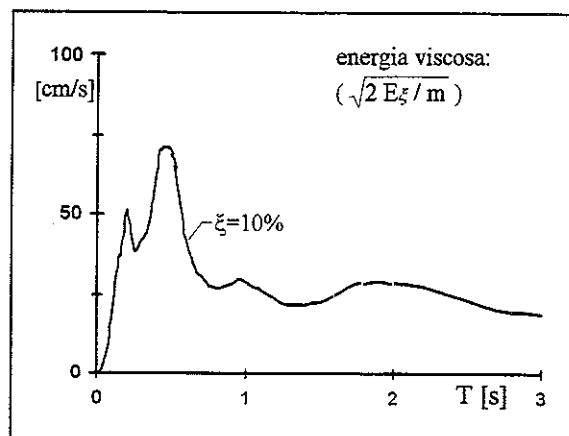
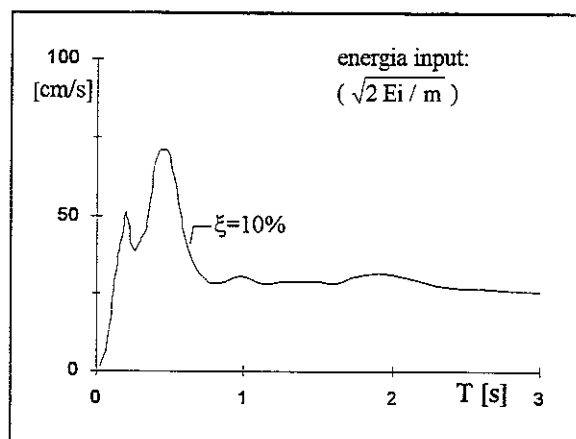
m168 ns - smorzamento 5% - energie



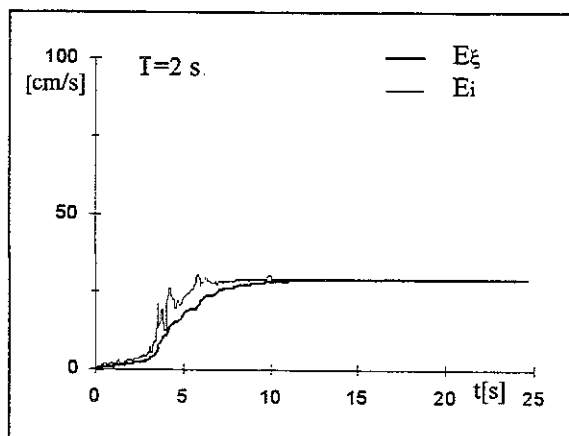
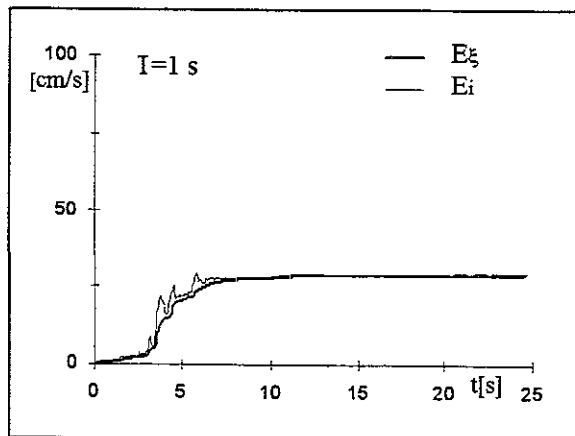
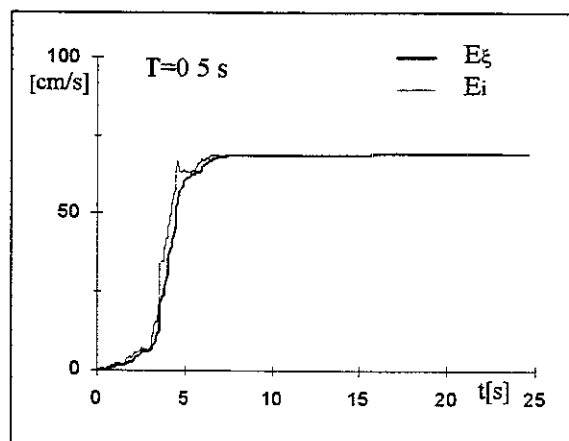
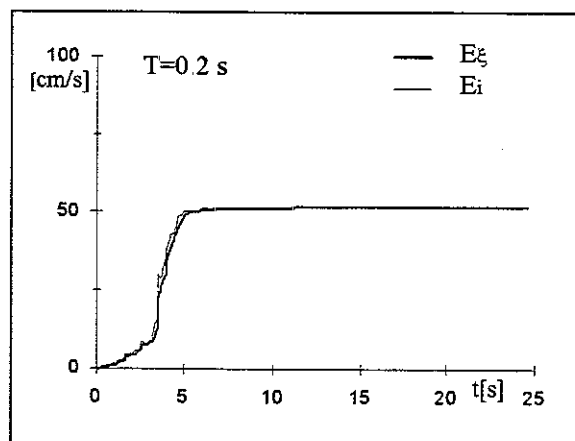
m168 ns - smorzamento 5% - storia temporale delle energie



m168 ns - smorzamento 10% - energie



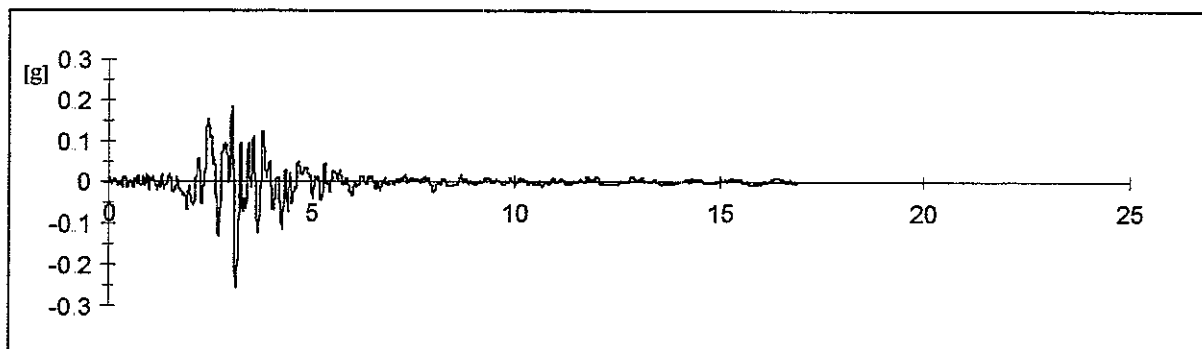
m168 ns - smorzamento 10% - storia temporale delle energie



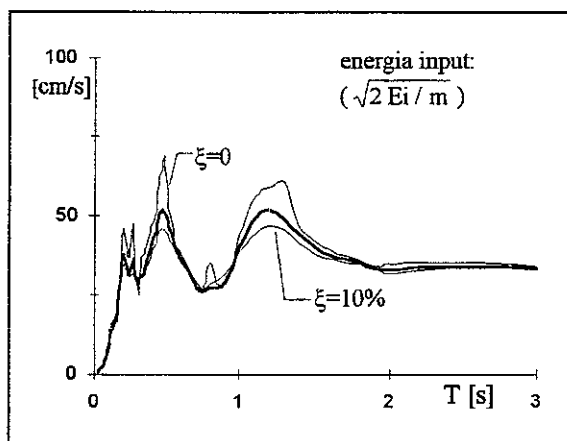
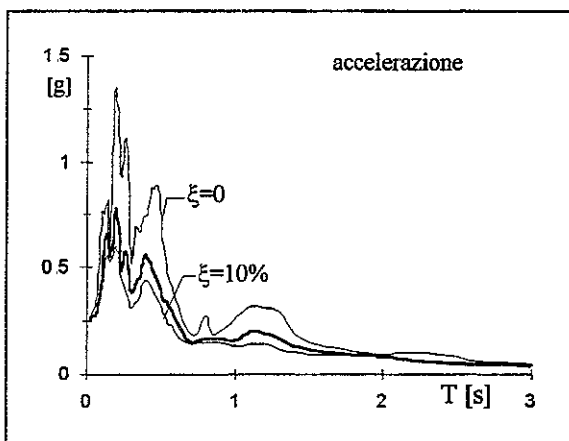
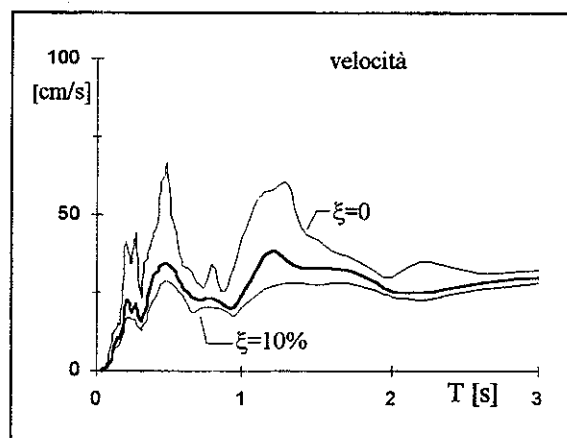
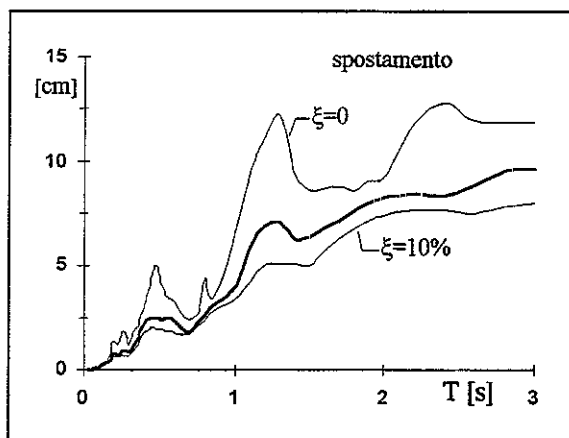
00169 TERREMOTO FRIULI - SAN ROCCO 15.09.1976

reg.	ora	durata [s]	comp	PGA [g]	t(PGA) [s]	smorz	ω [Hz]	file	n.p.	M	dist.ep. [Km]	sito
ENEA	09.21.18	16.885	E.W.	-0.2515	3.116	0.60	25.70	M200169	6926	6.0	15.8	0/701

m169.ew - accelerogramma

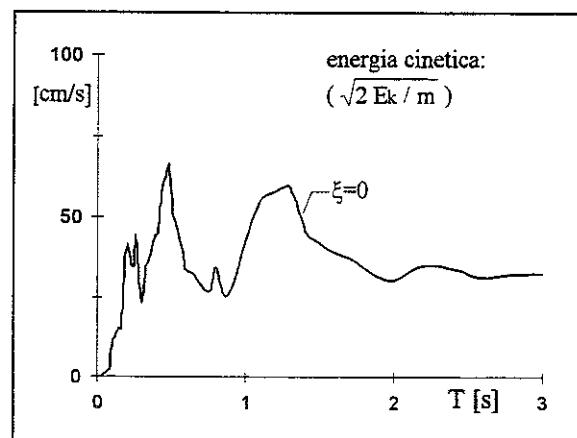
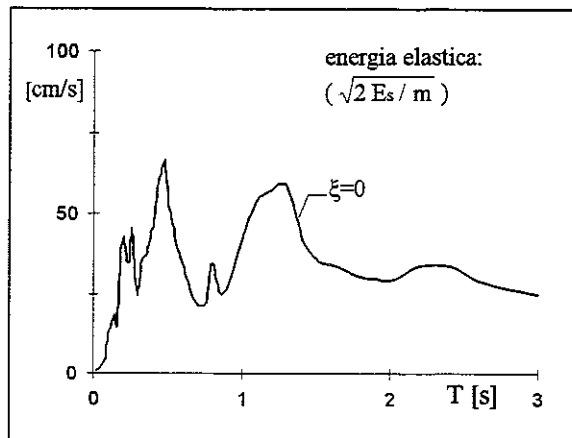
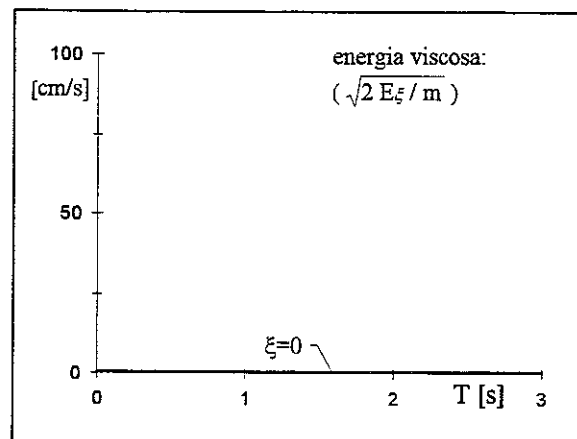
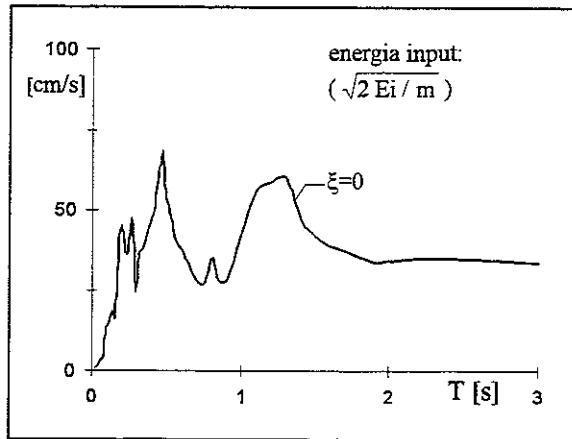


m169.ew - spettri

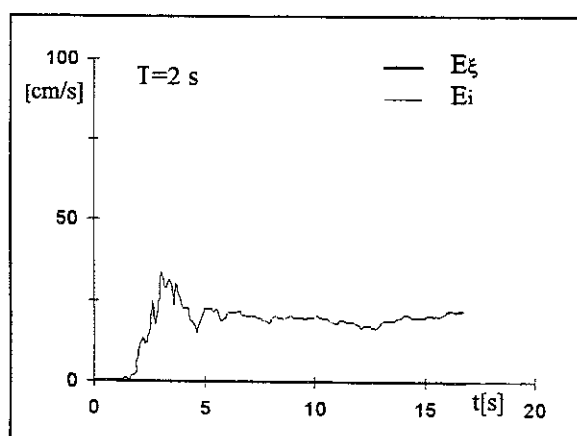
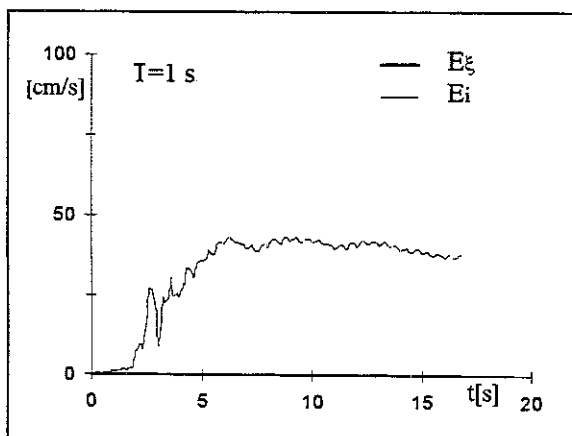
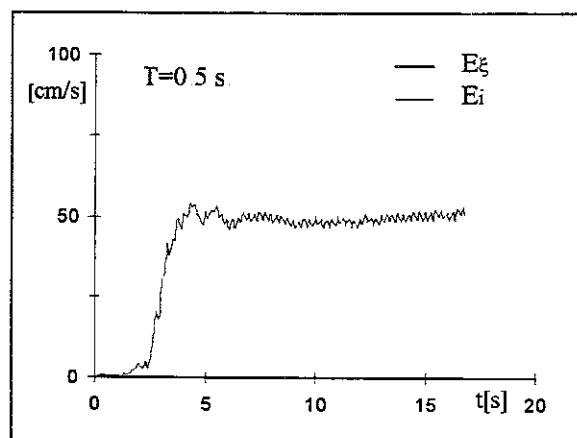
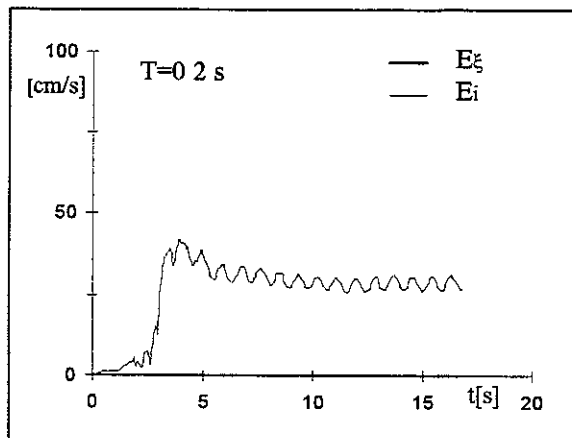


accelerazione/pga							media su intervalli ΔT ($\xi=5\%$)					energia/(pga/ ω)		
0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	
1.917	0.811	0.660	0.389	0.269	0.198	0.707	3.375	3.432	4.876	3.727	3.859	3.143	3.777	

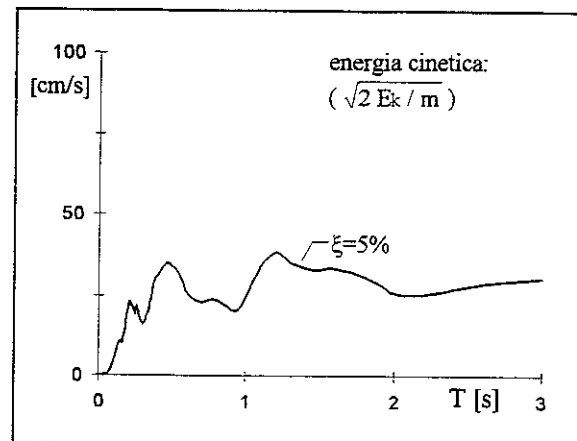
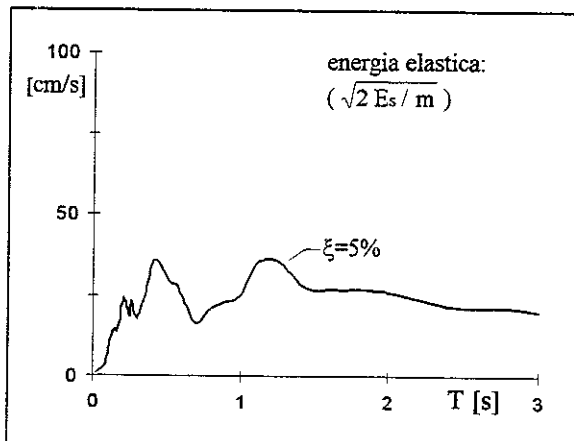
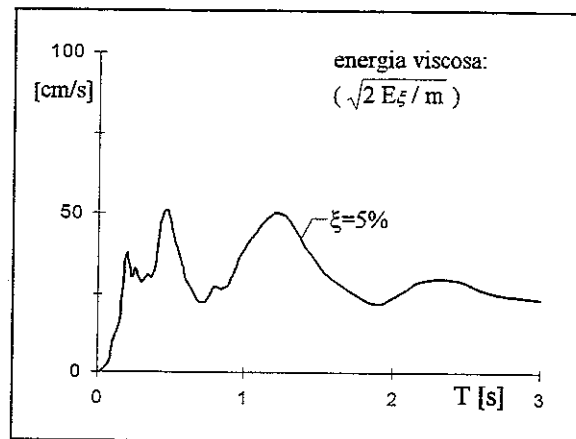
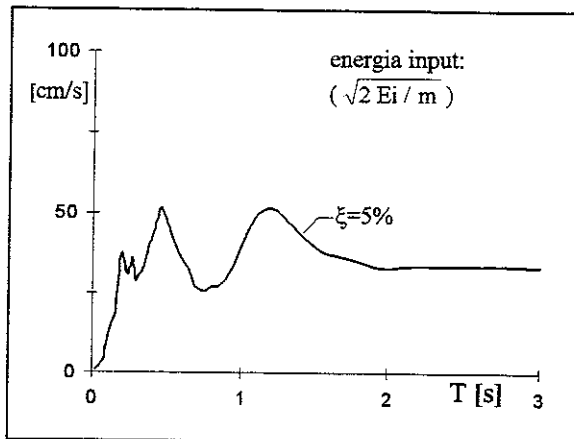
m169 ew - smorzamento 0 - energie



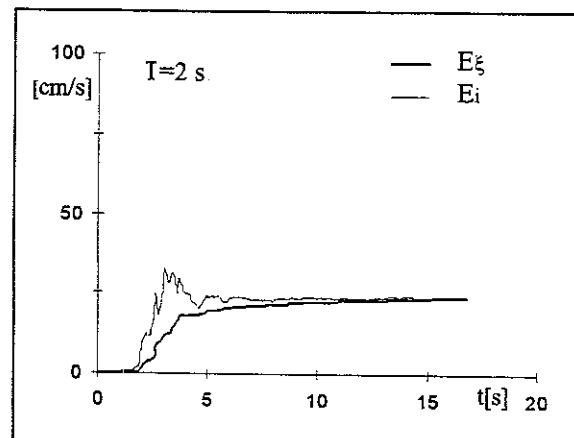
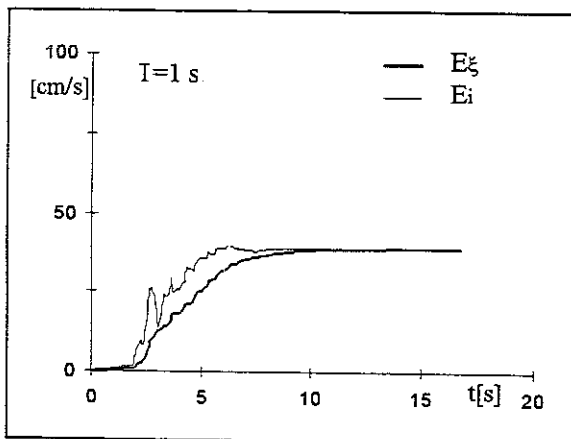
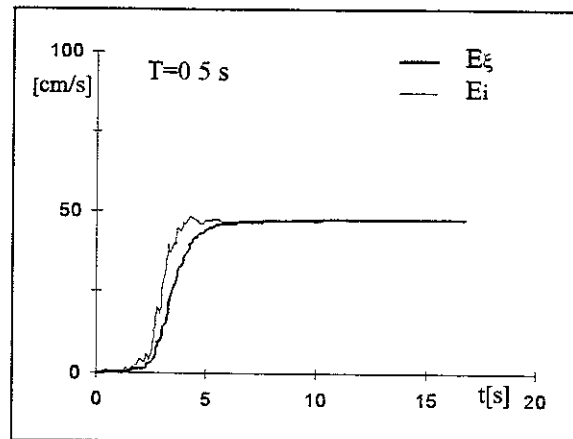
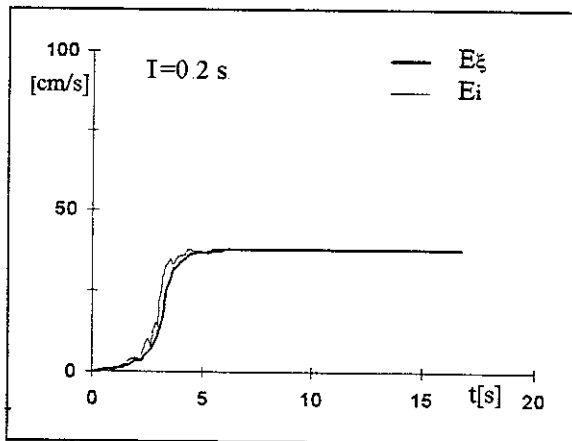
m169 ew - smorzamento 0 - storia temporale delle energie



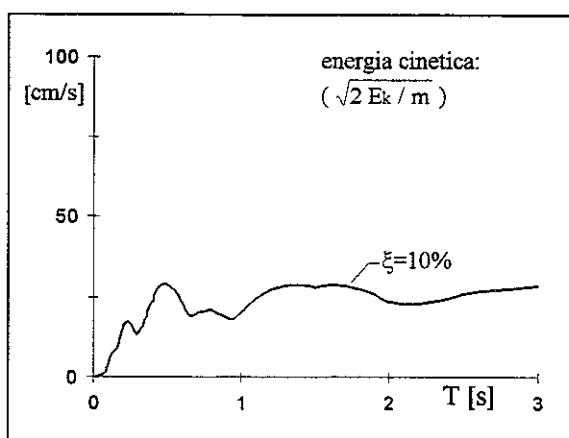
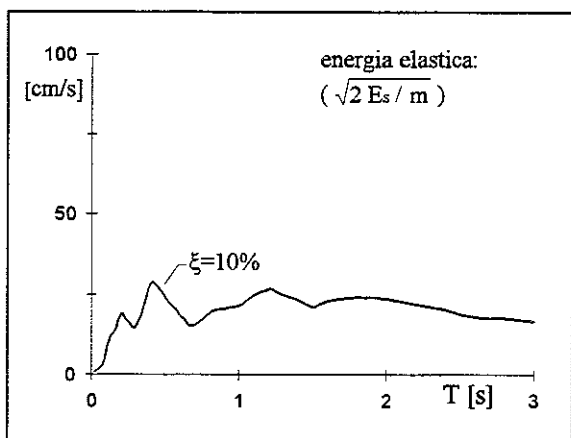
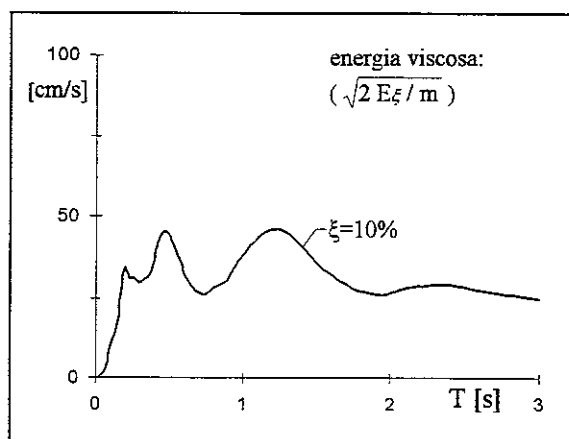
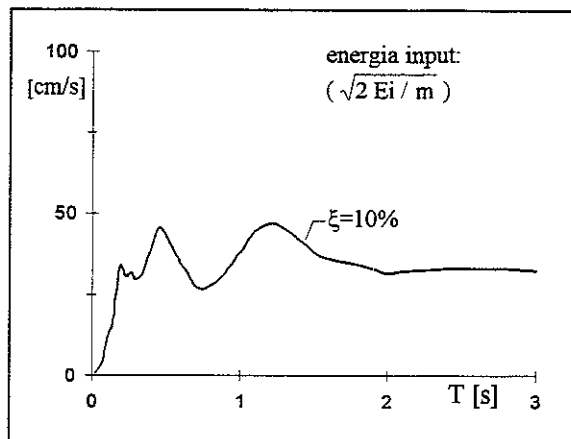
m169 ew - smorzamento 5% - energie



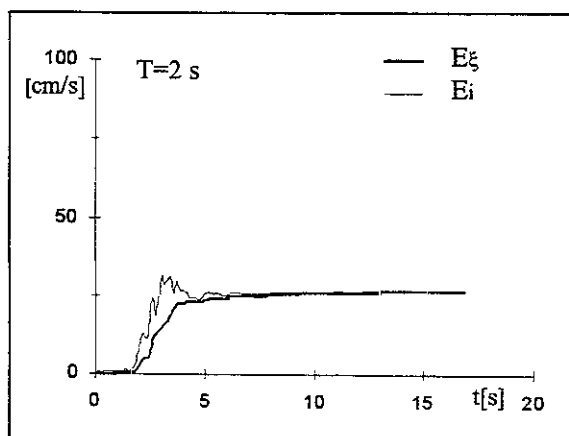
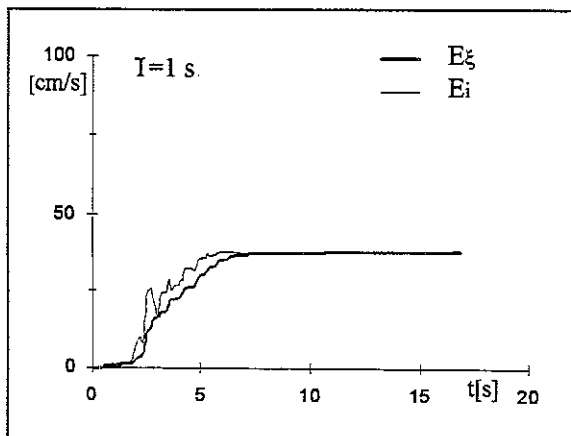
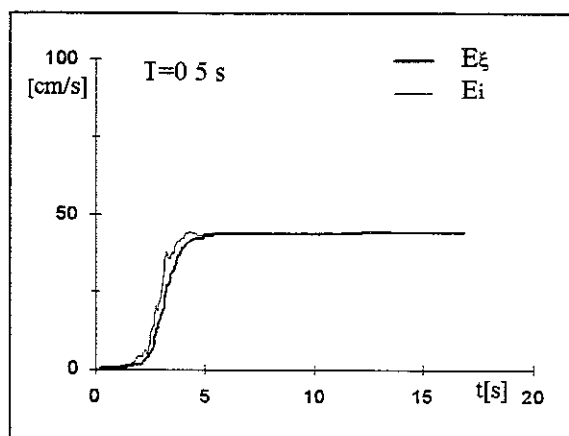
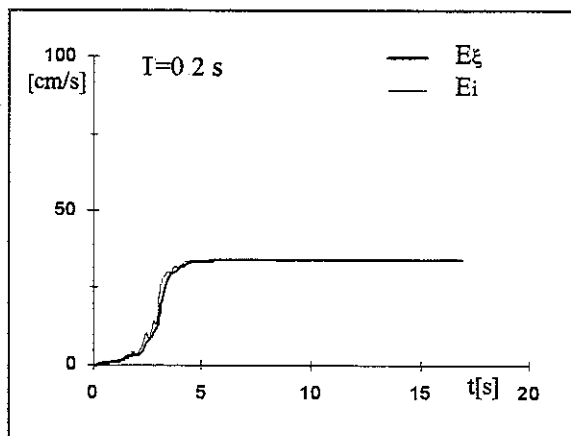
m169 ew - smorzamento 5% - storia temporale delle energie



m169 ew - smorzamento 10% - energie



m169 ew - smorzamento 10% - storia temporale delle energie

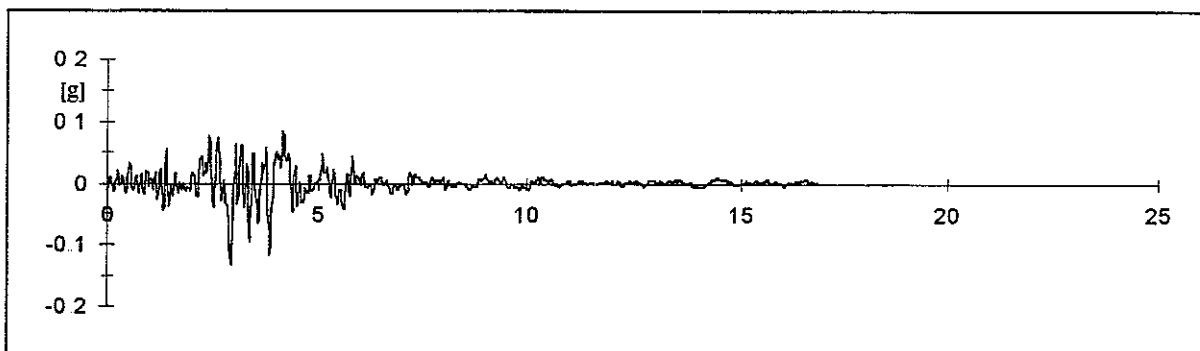


00169 TERREMOTO FRIULI - SAN ROCCO

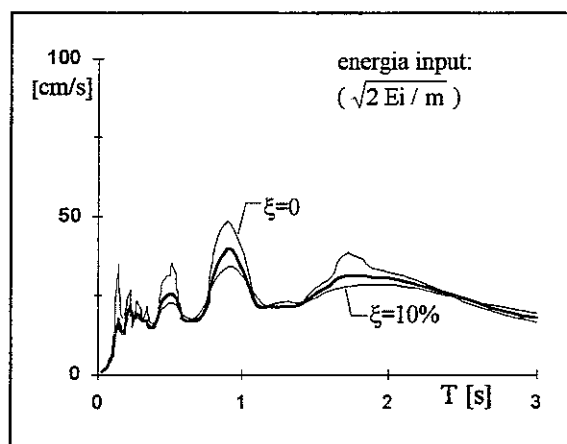
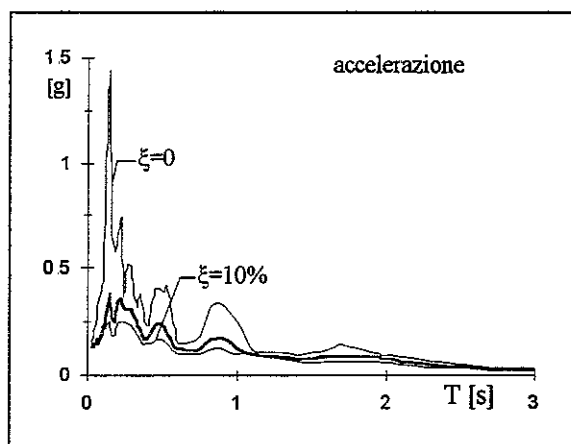
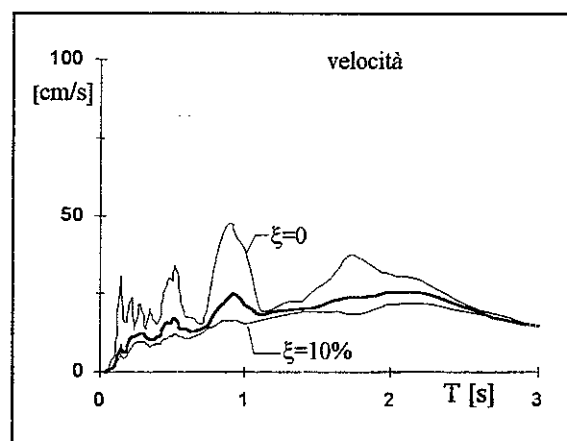
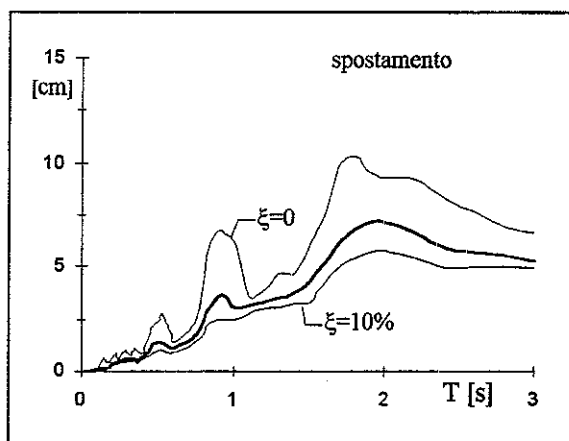
15.09.1976

reg.	ora	durata [s]	comp	PGA [g]	t(PGA) [s]	smorz	ω [Hz]	file	n.p.	M	dist.ep. [Km]	sito
ENEA	09.21.18	16.863	N.S.	-0.1315	2.943	0.60	25.80	M200169	6917	6.0	15.8	0/701

m169.ns - accelerogramma

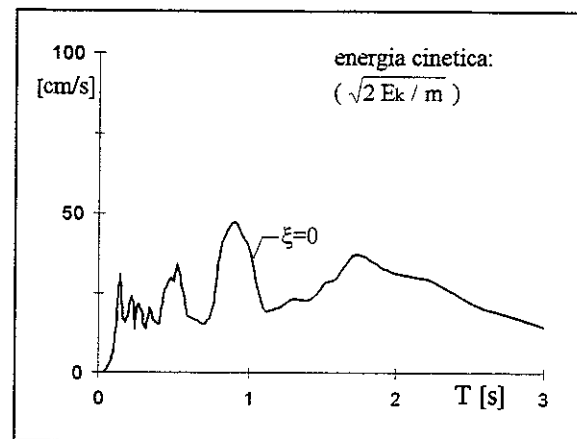
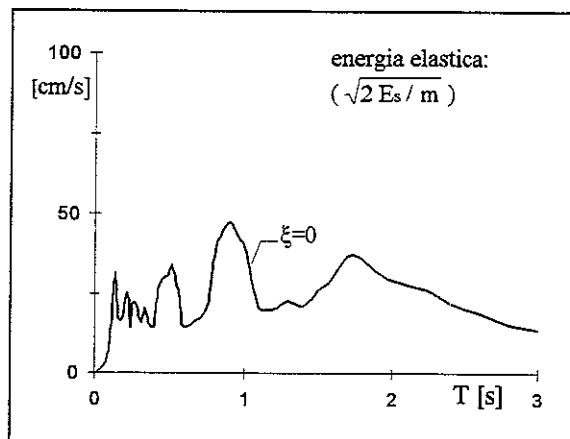
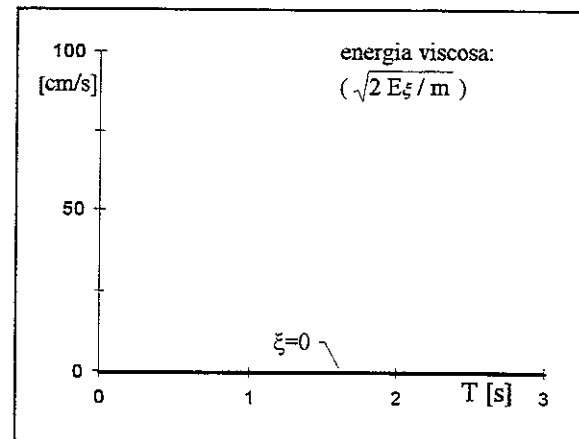
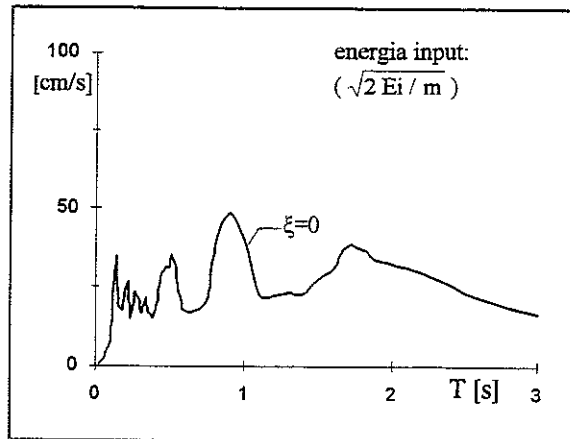


m169.ns - spettri

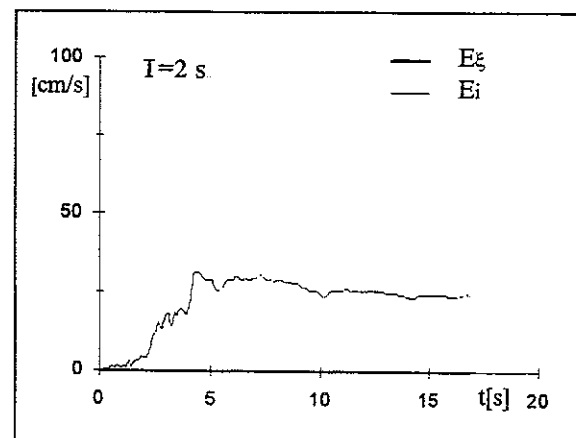
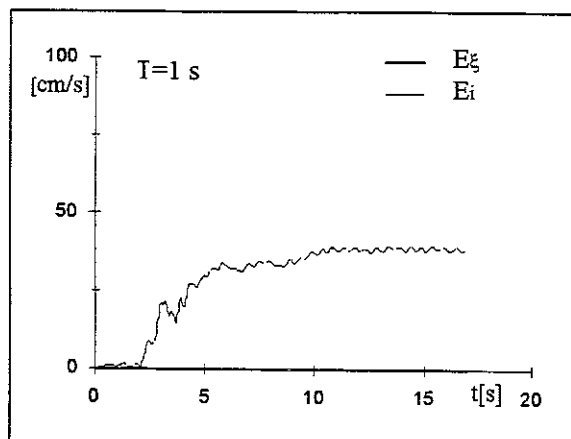
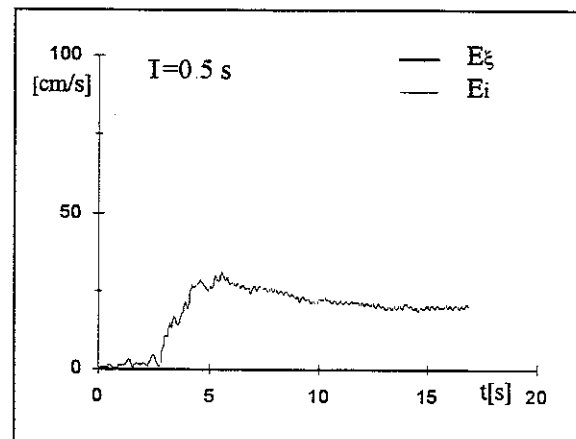
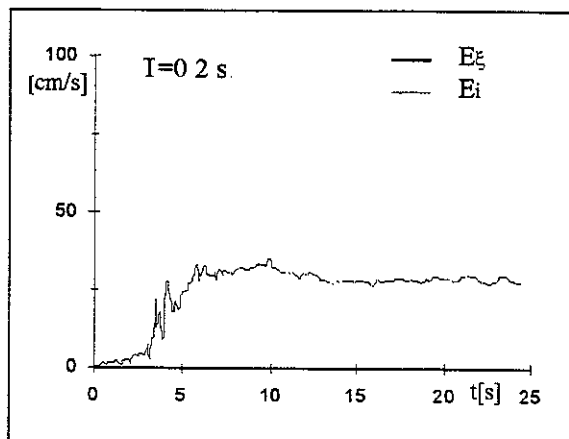


accelerazione/pga							media su intervalli ΔT ($\xi=5\%$)							energia/(pga/ ω)			
0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0
1.822	1.136	0.700	0.620	0.400	0.228	0.818	3.777	5.671	4.691	5.948	5.855	3.587	4.957				

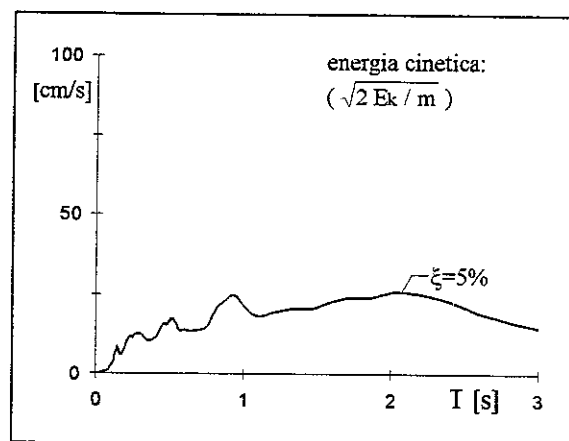
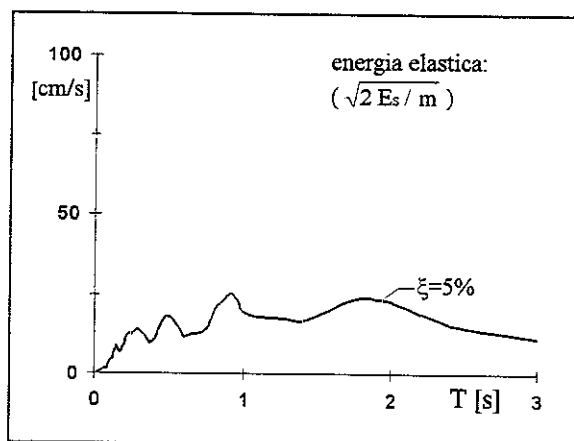
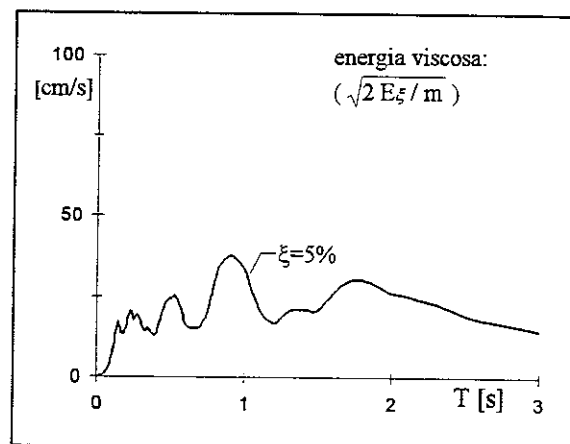
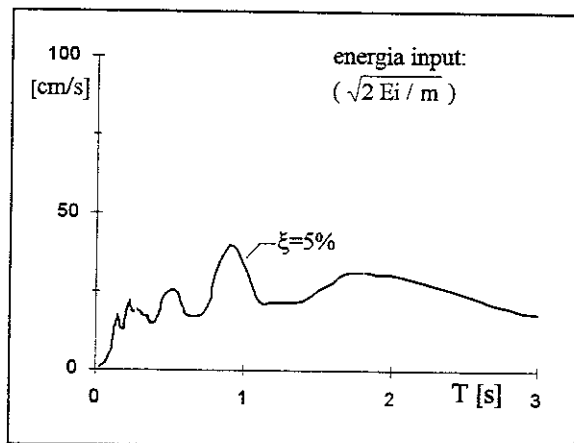
m169 ns - smorzamento 0 - energie



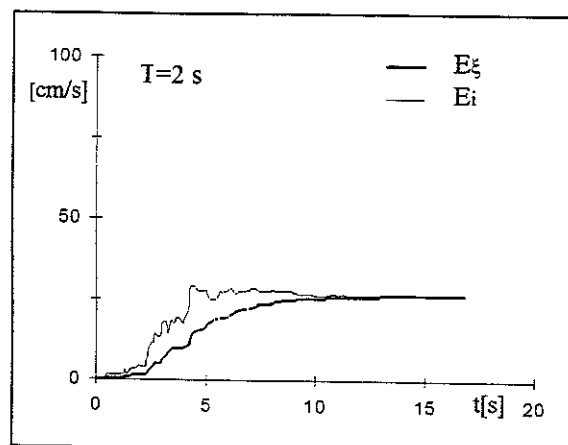
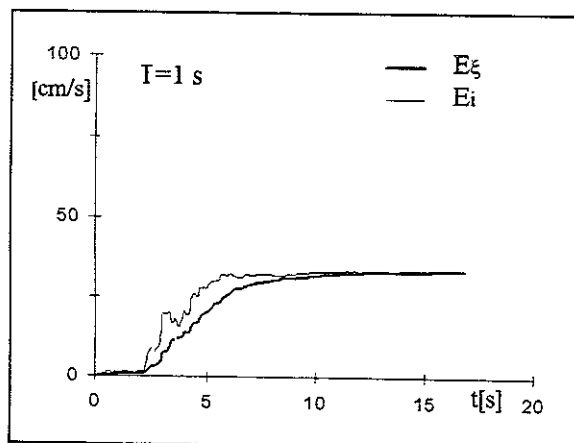
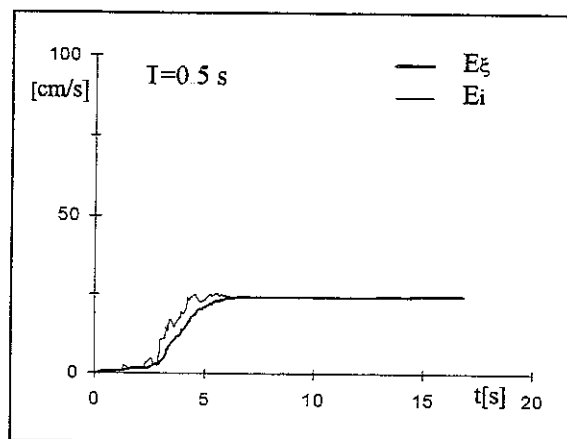
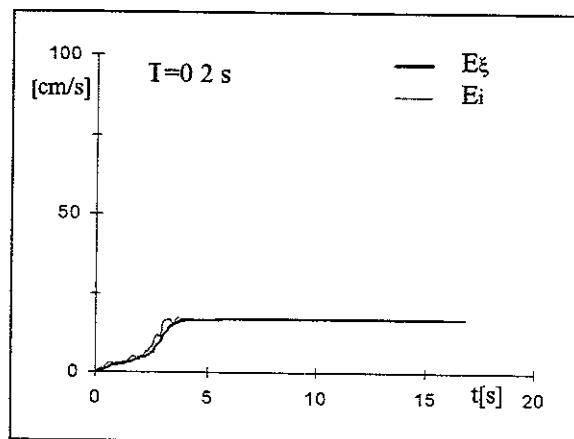
m169 ns - smorzamento 0 - storia temporale delle energie



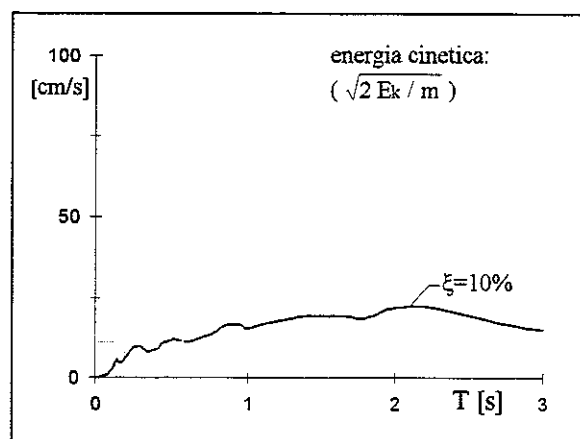
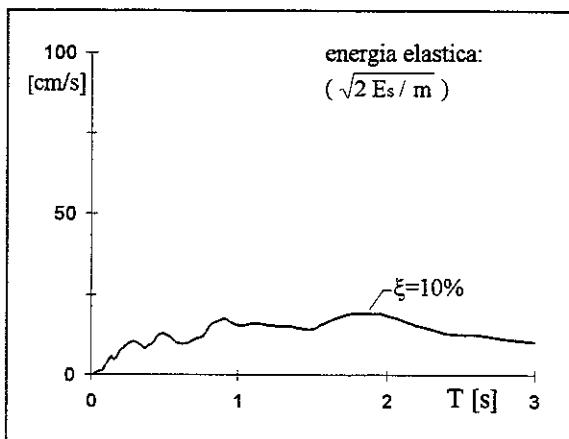
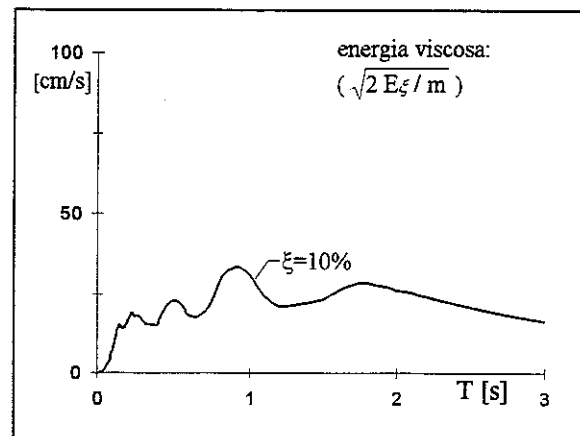
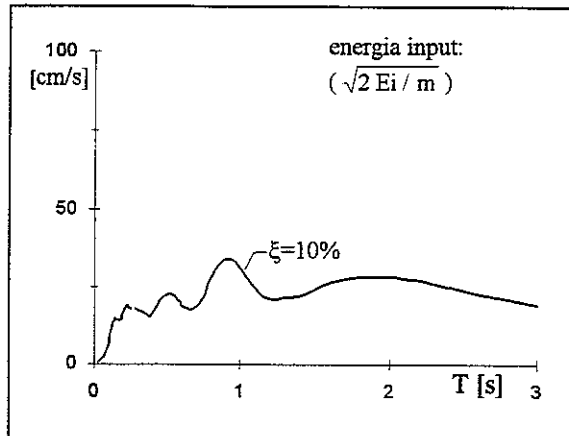
m169 ns - smorzamento 5% - energie



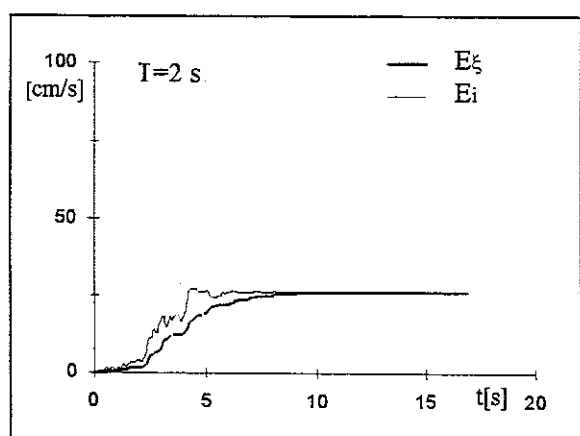
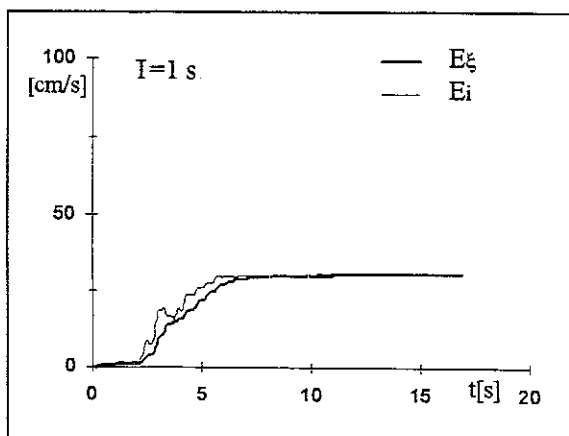
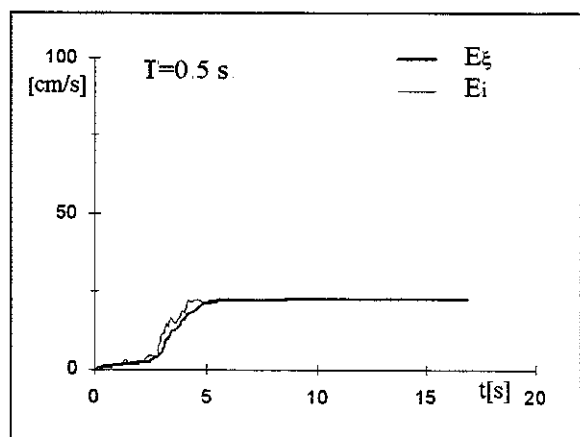
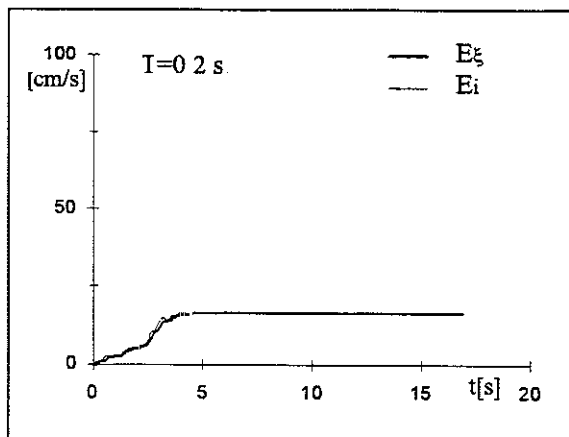
m169 ns - smorzamento 5% - storia temporale delle energie



m169 ns - smorzamento 10% - energie



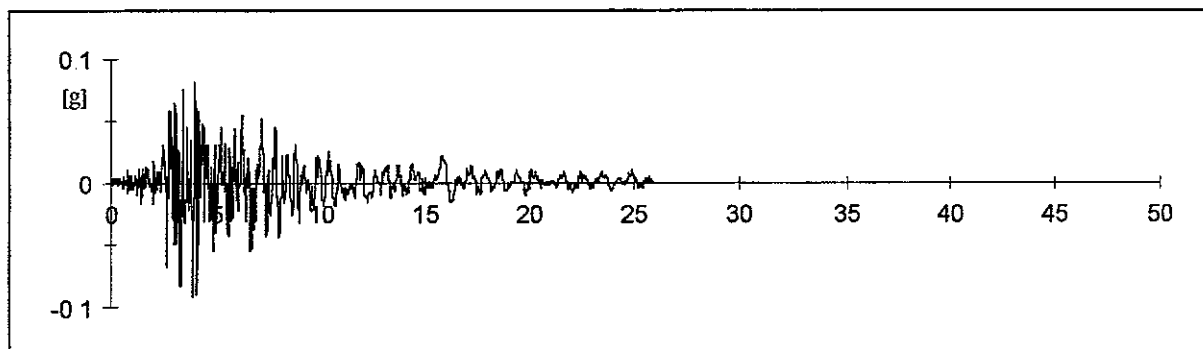
m169 ns - smorzamento 10% - storia temporale delle energie



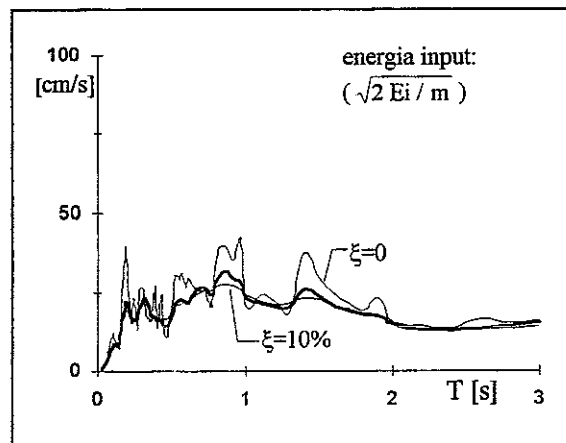
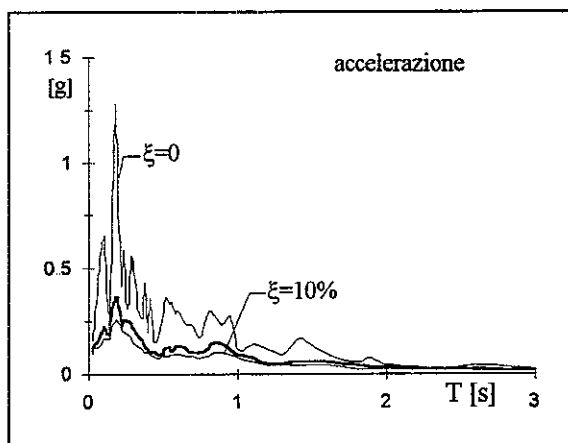
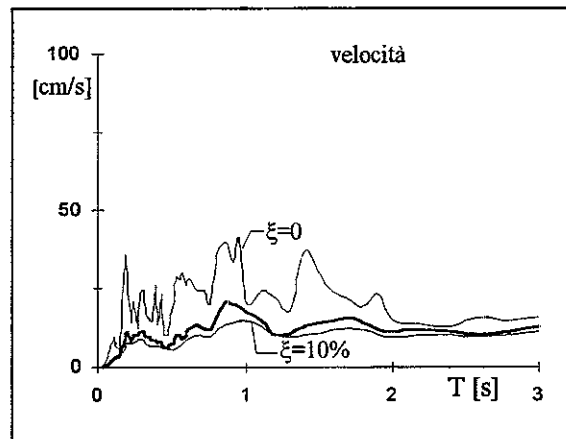
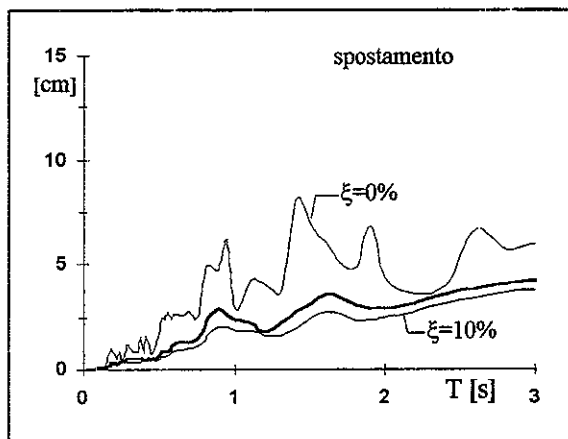
00177 TERREMOTO FRIULI - BUIA 15.09.1976

reg.	ora	durata [s]	comp	PGA [g]	t(PGA) [s]	smorz	ω [Hz]	file	n p.	M	dist ep. [Km]	sito
ENEA	09.21.18	25.903	E.W.	-0.0904	3.927	0.60	26.40	M200177	10625	6.0	10.6	2/701

m177.ew - accelerogramma

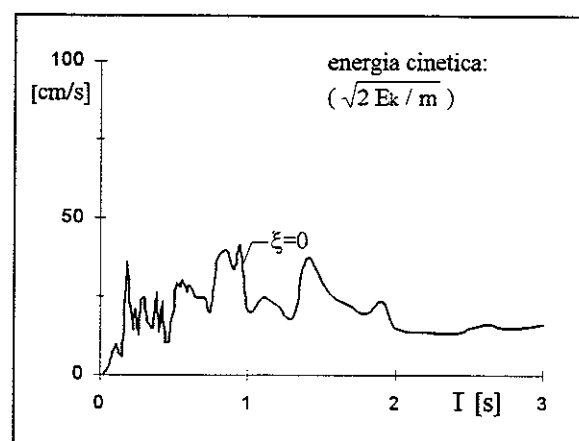
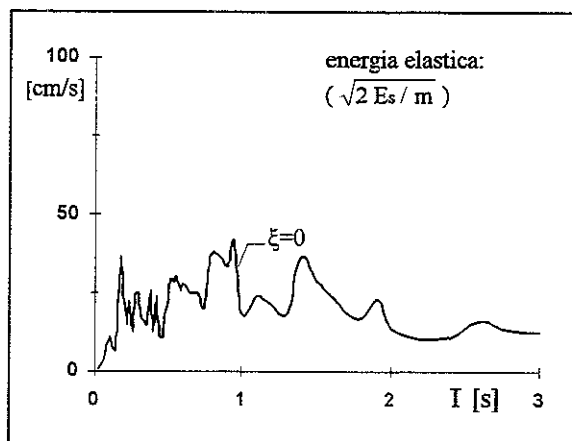
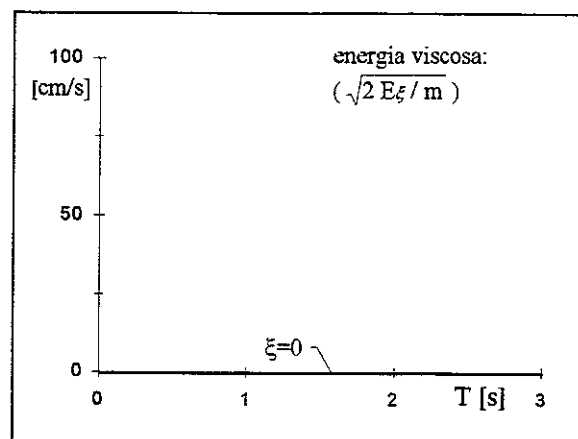
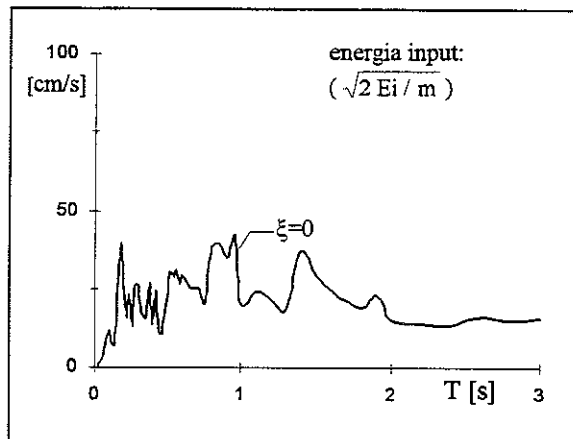


m177 ew - spettri

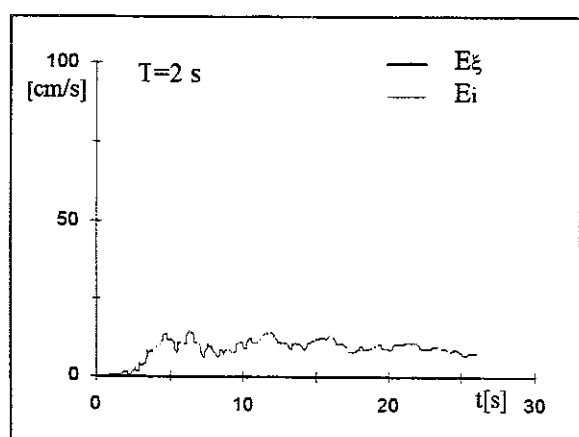
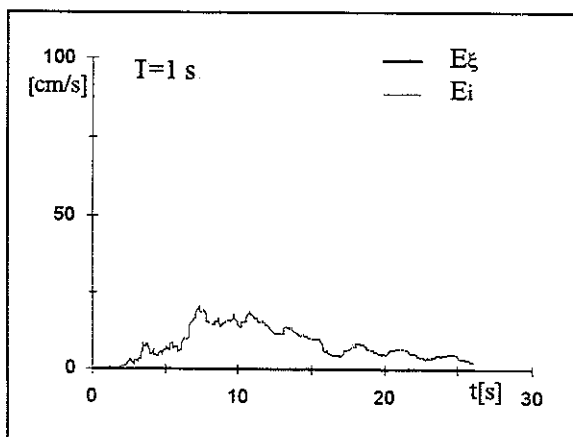
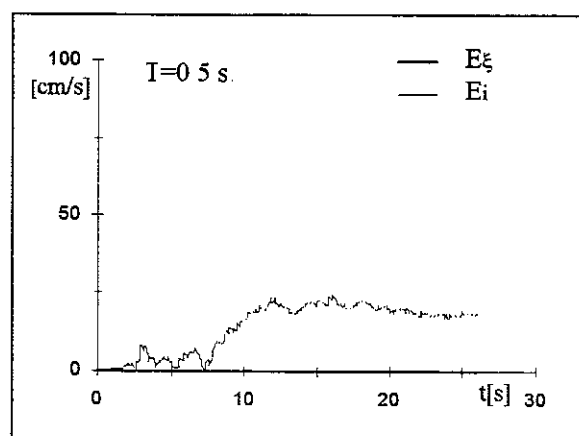
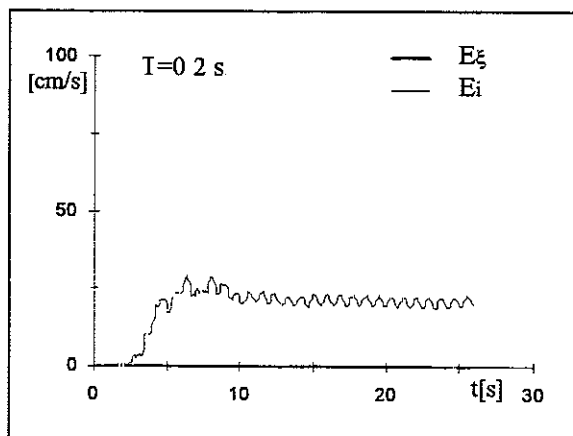


accelerazione/pga							media su intervalli ΔT ($\xi=5\%$)							energia/(pga/ ω)			
0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0
2.080	1.348	0.679	0.481	0.288	0.237	0.852	4.578	7.858	6.653	5.629	4.374	3.763	5.656				

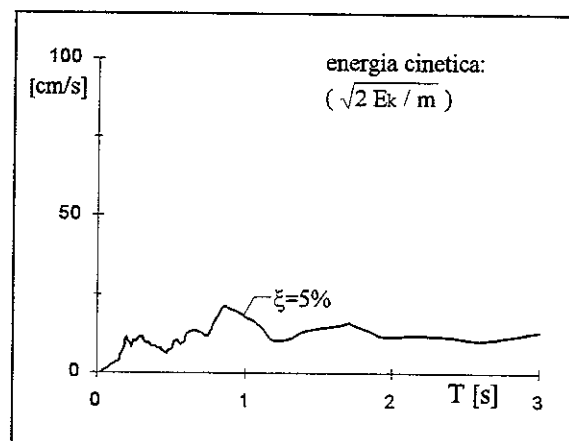
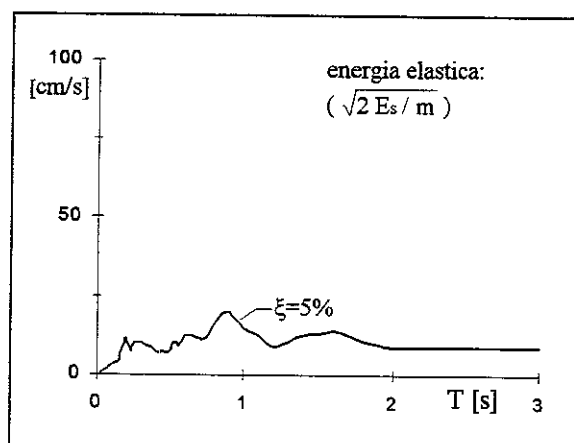
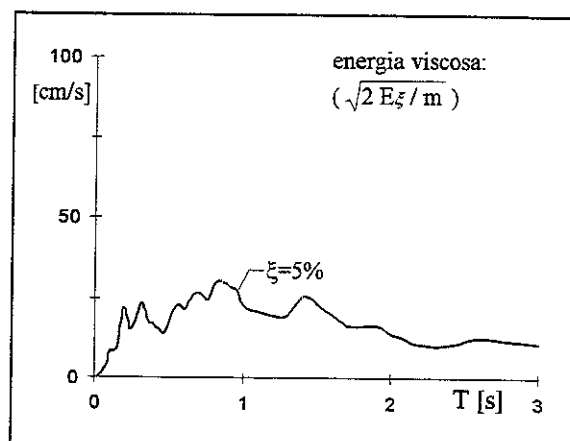
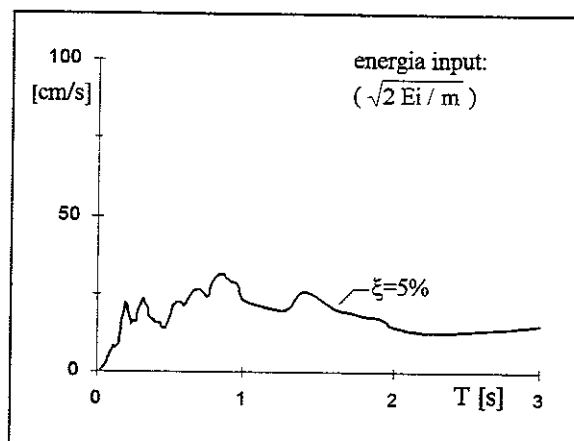
m177 ew- smorzamento 0 - energie



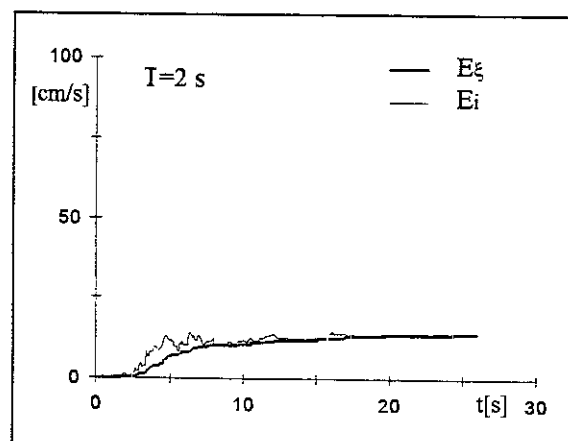
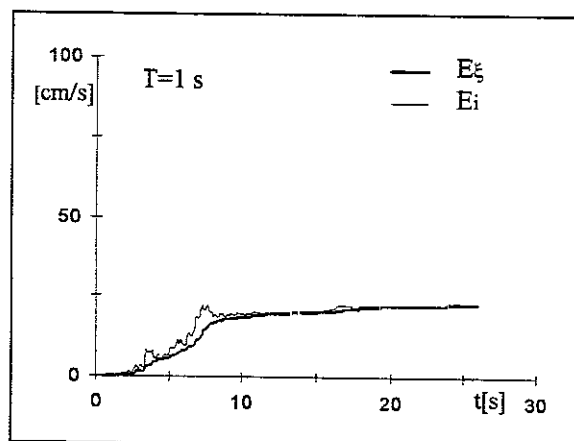
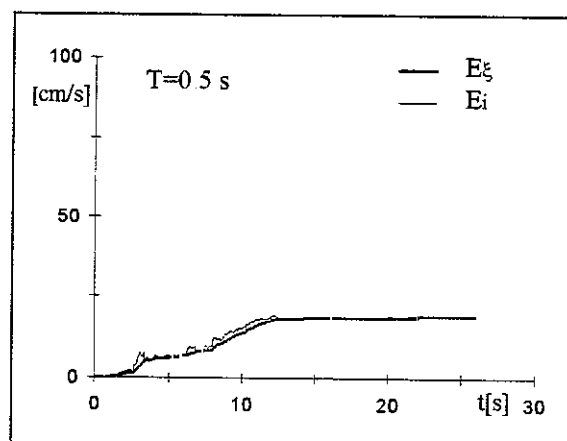
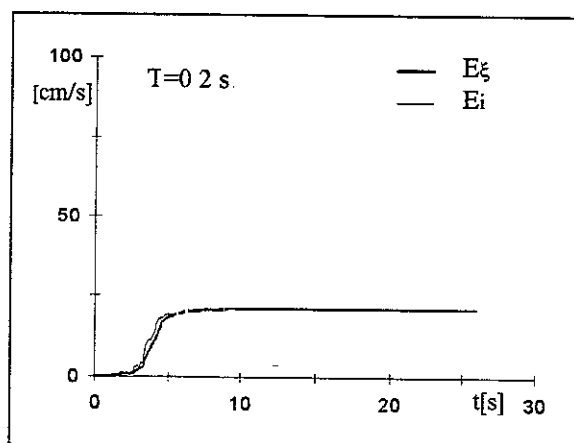
m177 ew - smorzamento 0 - storia temporale delle energie



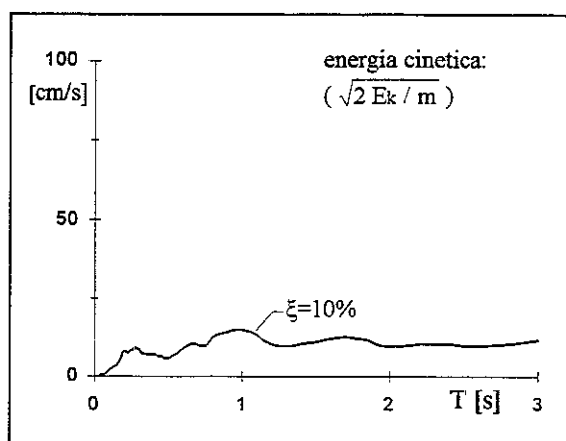
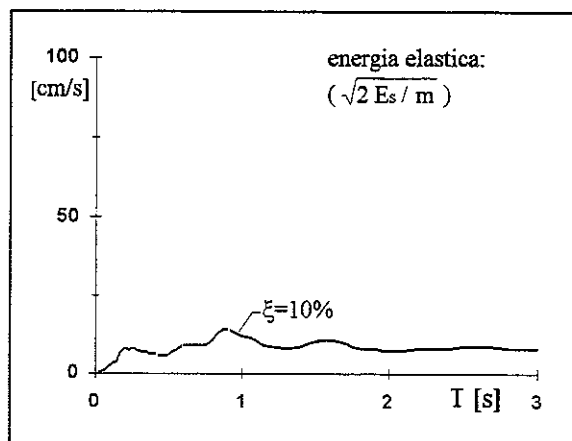
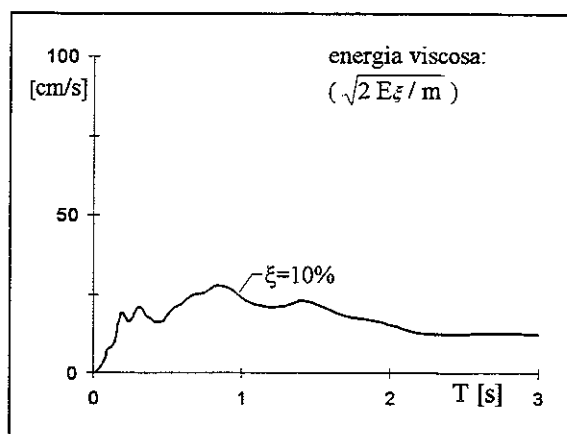
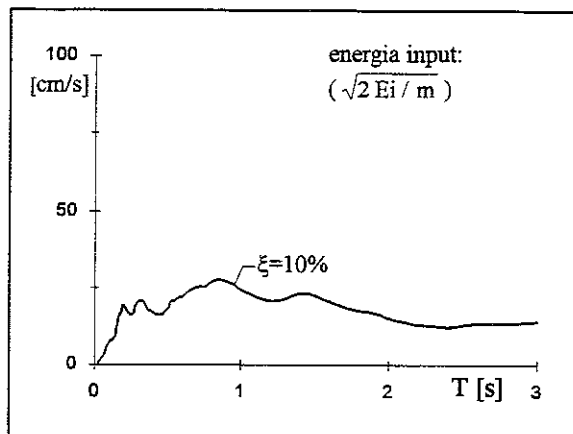
m177 ew - smorzamento 5% - energie



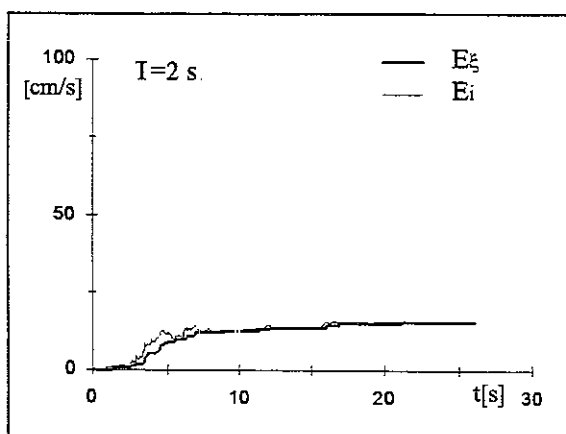
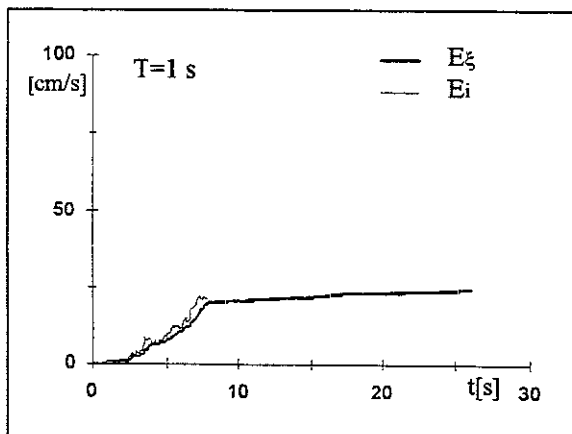
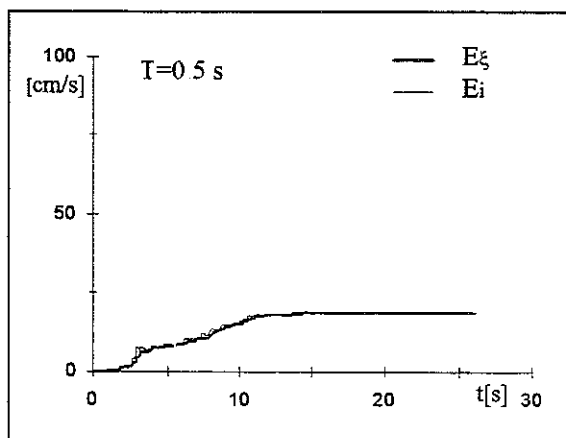
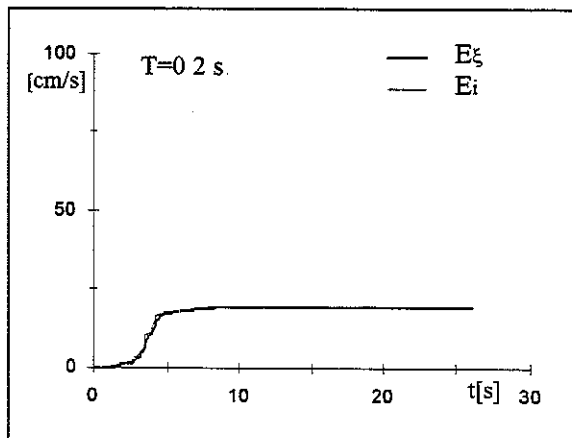
m177 ew - smorzamento 5% - storia temporale delle energie



m177 ew - smorzamento 10% - energie



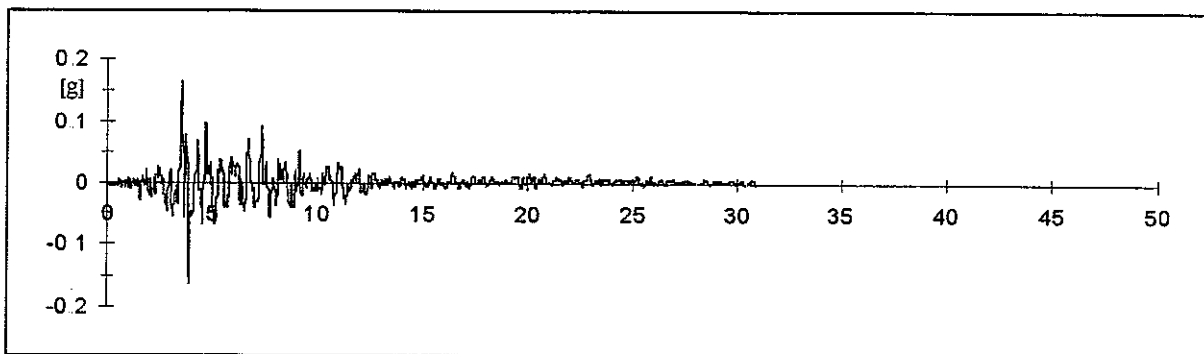
m177 ew - smorzamento 10% - storia temporale delle energie



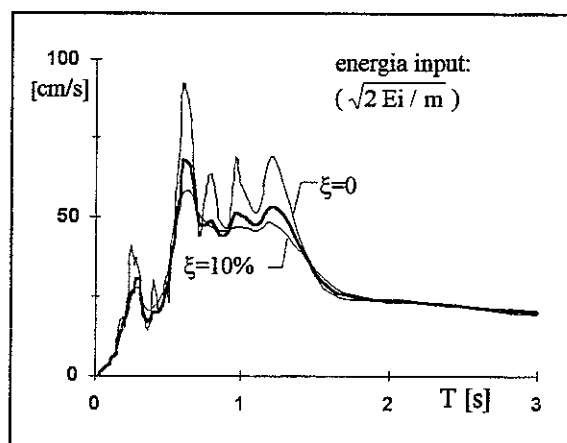
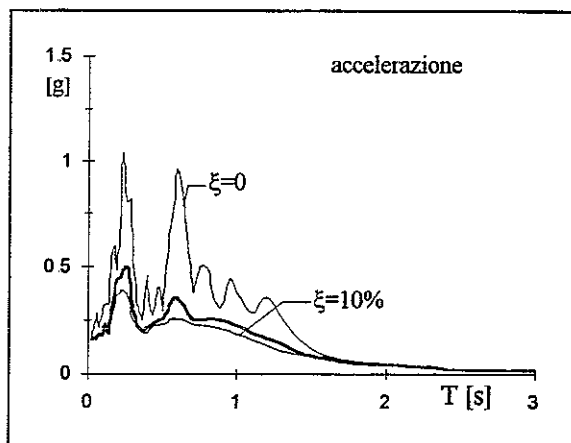
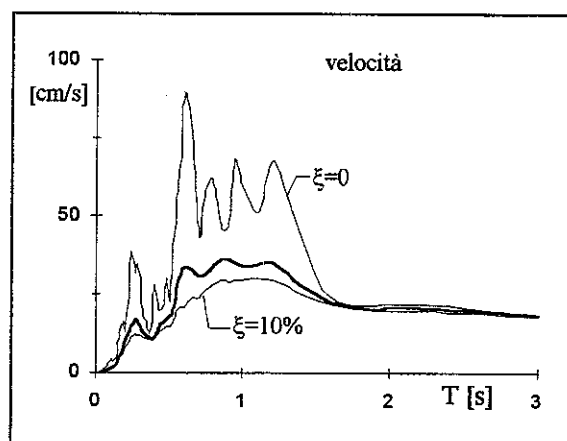
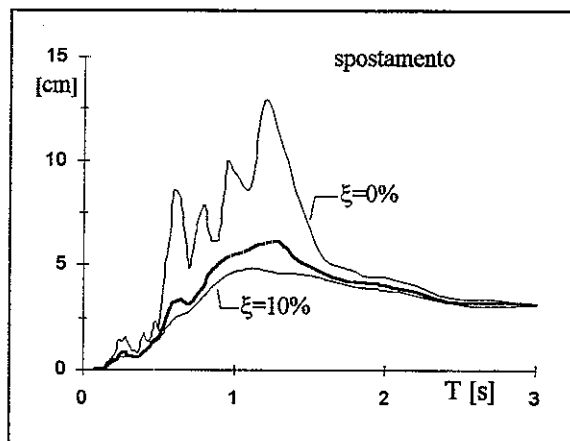
00301 TERREMOTO BASSO TIRRENO - PATTI 15.04.1978

reg.	ora	durata [s]	comp	PGA [g]	t(PGA) [s]	smorz	ω [Hz]	file	n.p.	M	dist.ep. [Km]	sito
ENEA	23.33.47	30.830	E.W.	0.1609	3.574	0.56	26.50	M200301	12646	5.6	18.9	1/601

m301.ew - accelerogramma

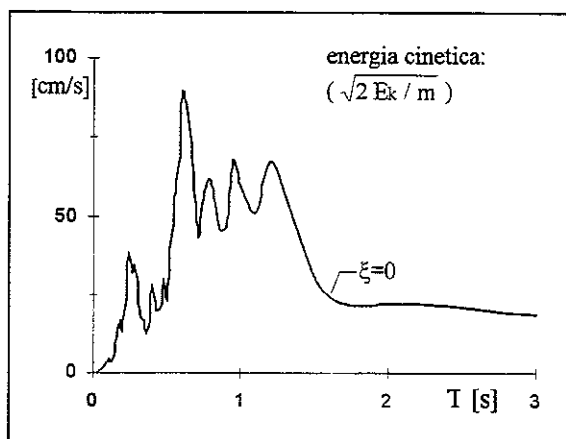
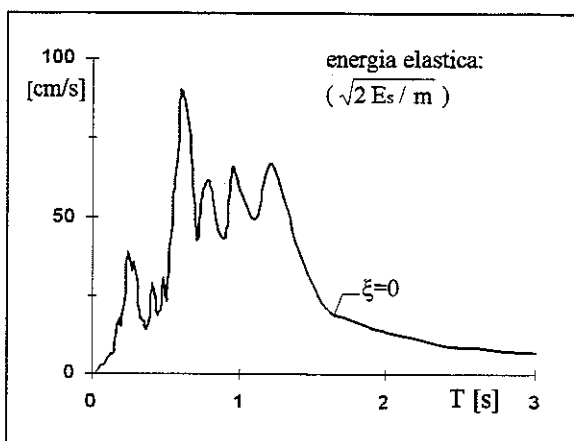
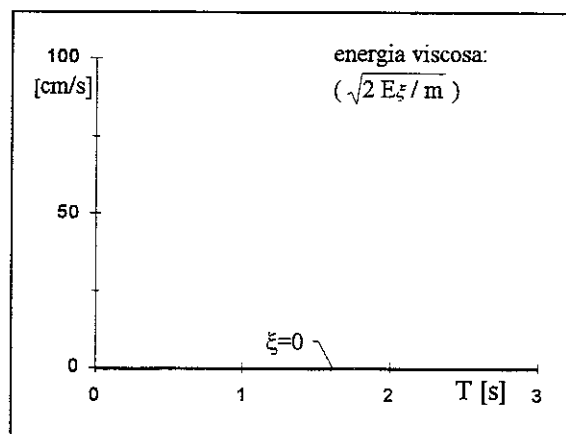
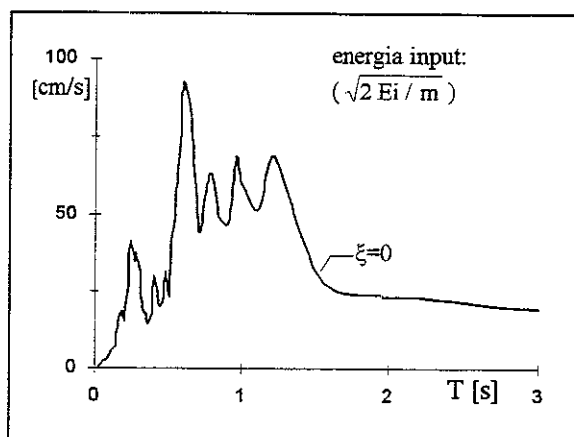


m301.ew - spettri

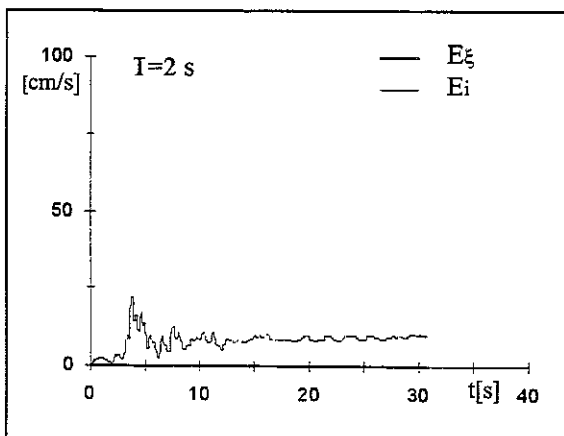
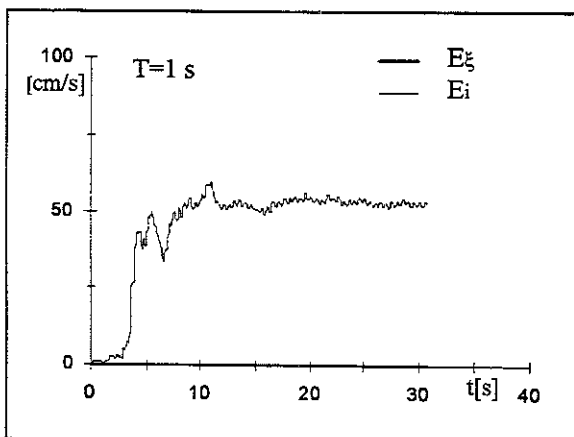
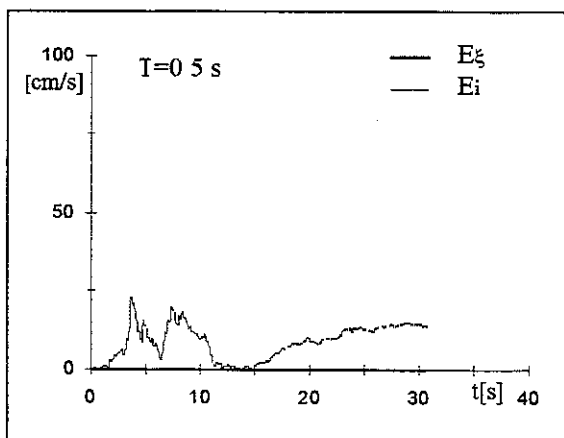
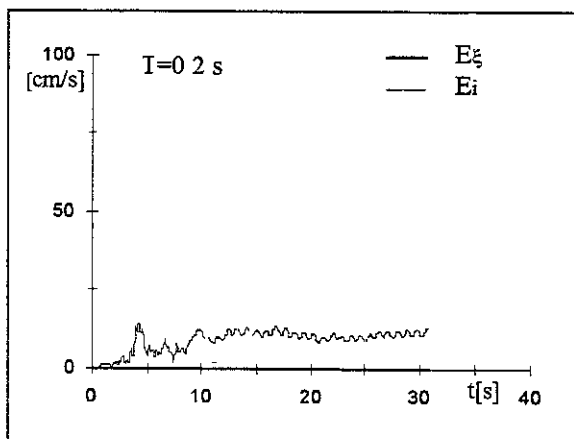


accelerazione/pga							media su intervalli ΔT ($\xi=5\%$)					energia/(pga/ ω)		
0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	
1.696	1.727	0.960	0.369	0.186	0.107	0.841	3.157	8.609	7.850	4.340	4.148	3.067	3.067	

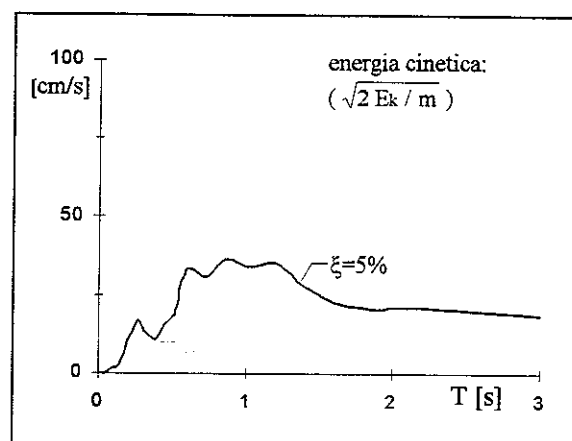
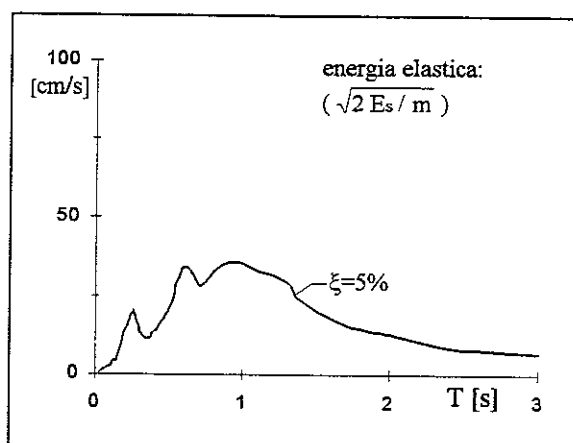
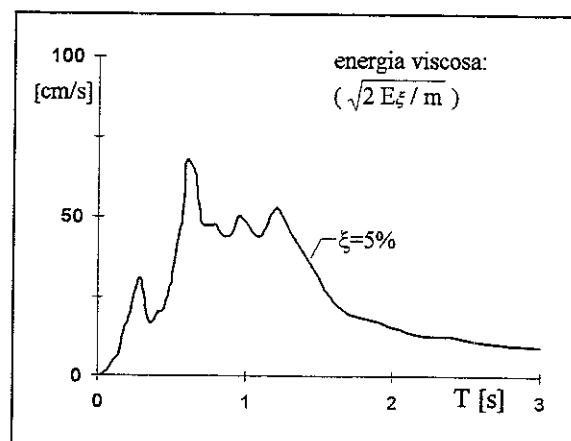
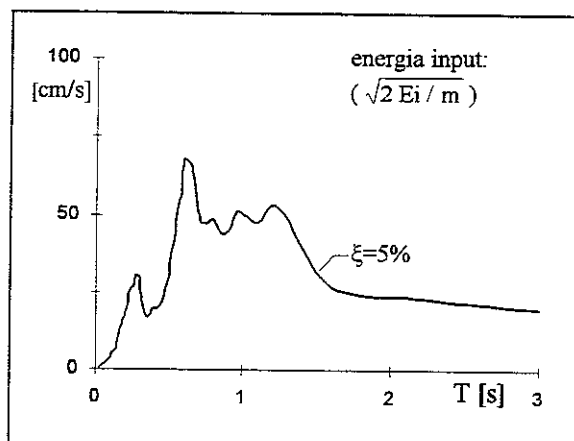
m301 ew - smorzamento 0 - energie



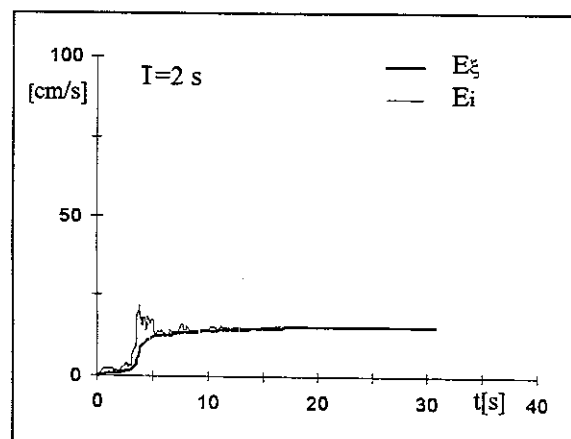
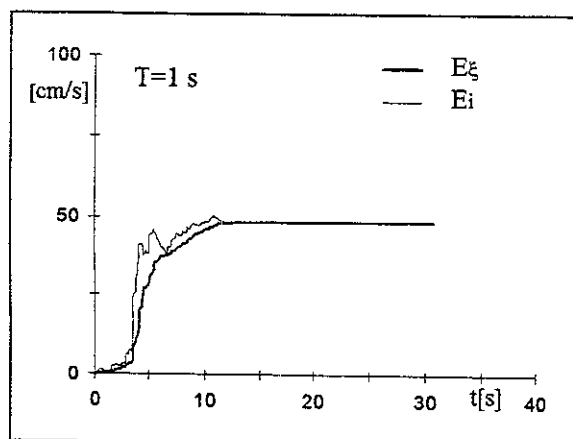
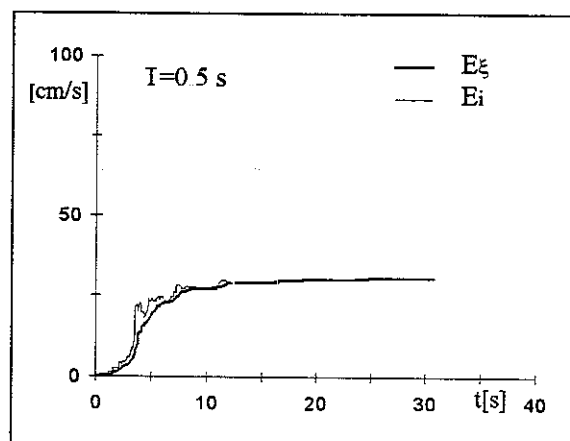
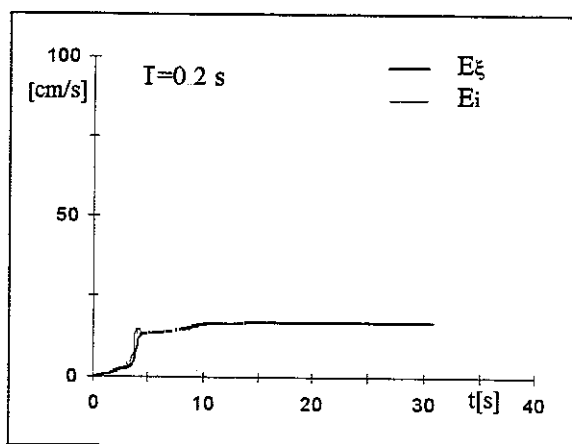
m301 ew - smorzamento 0 - storia temporale delle energie



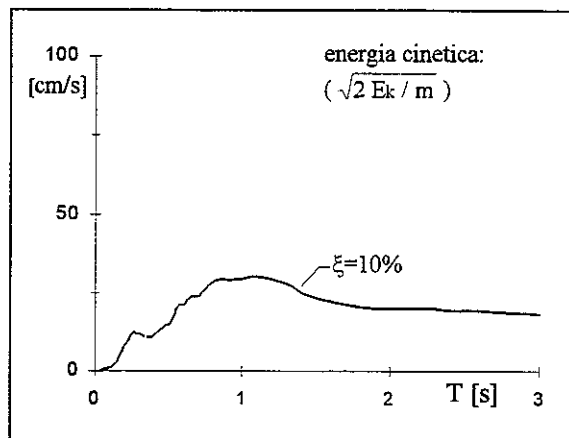
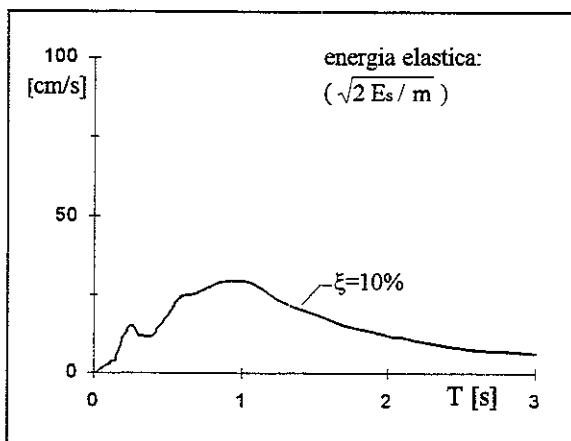
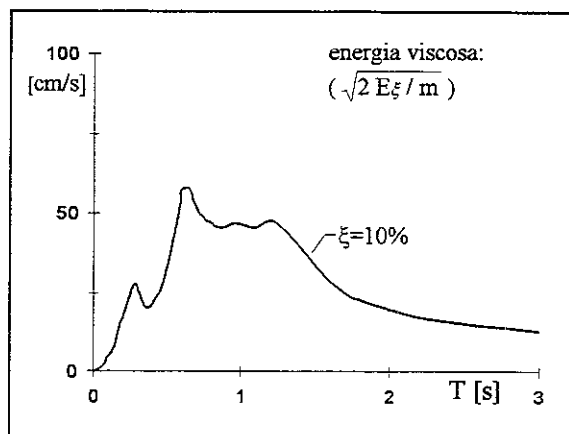
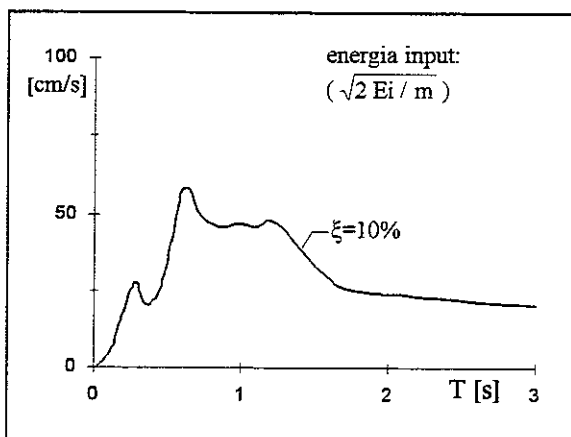
m301.ew - smorzamento 5% - energie



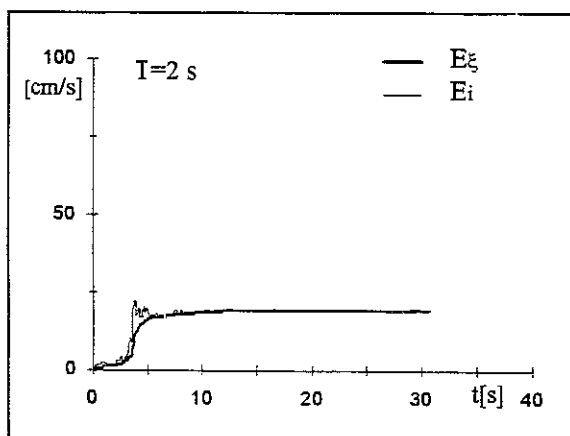
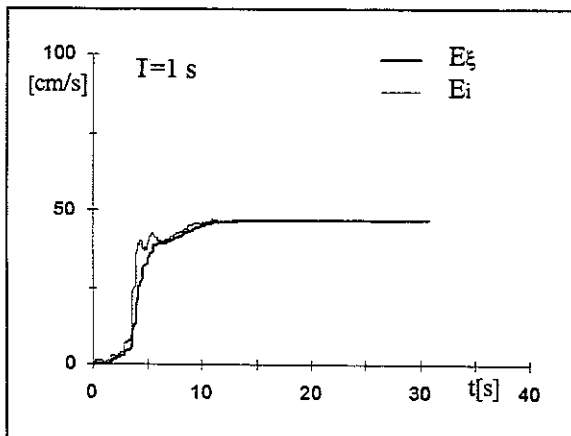
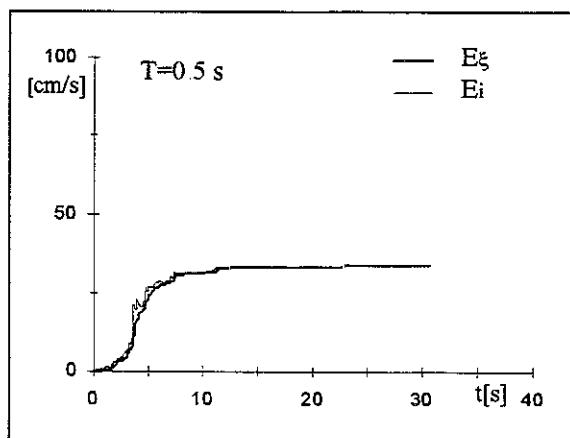
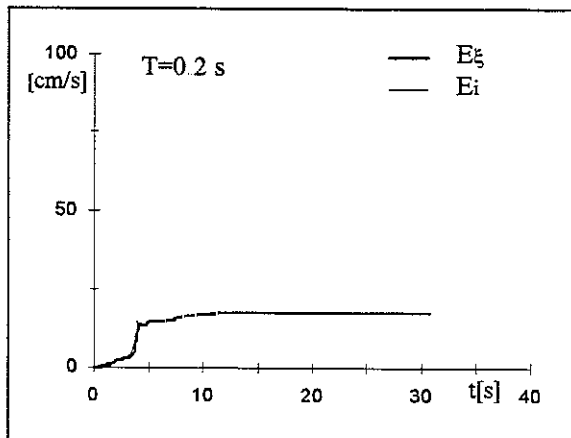
m301 ew - smorzamento 5% - storia temporale delle energie



m301 ew - smorzamento 10% - energie



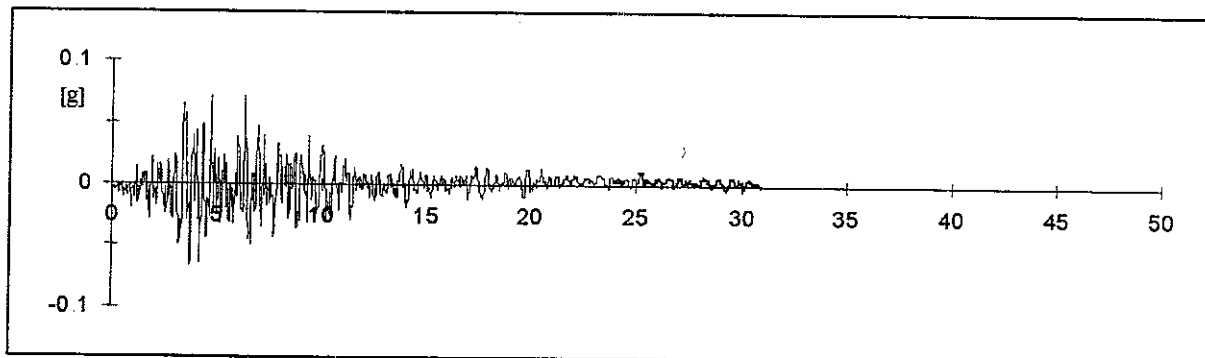
m301 ew - smorzamento 10% - storia temporale delle energie



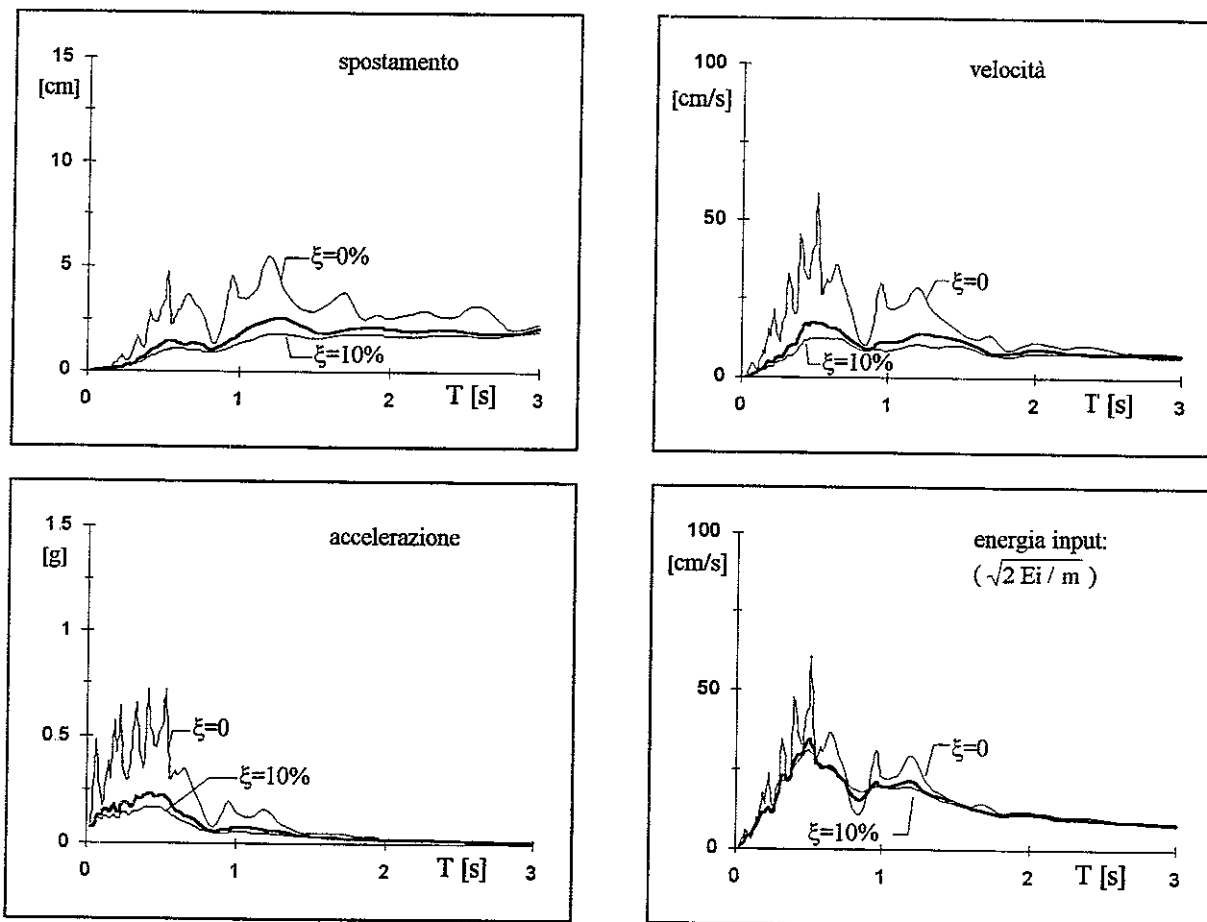
00301 TERREMOTO BASSO TIRRENO - PATTI 15.04.1978

reg.	ora	durata [s]	comp	PGA [g]	t(PGA) [s]	smorz	ω [Hz]	file	n.p.	M	dist.ep. [Km]	sito
ENEA	23.33.47	30.857	N.S.	0.0707	4.725	0.56	26.50	M200301	12657	5.6	18.9	1/601

m301.ns - accelerogramma

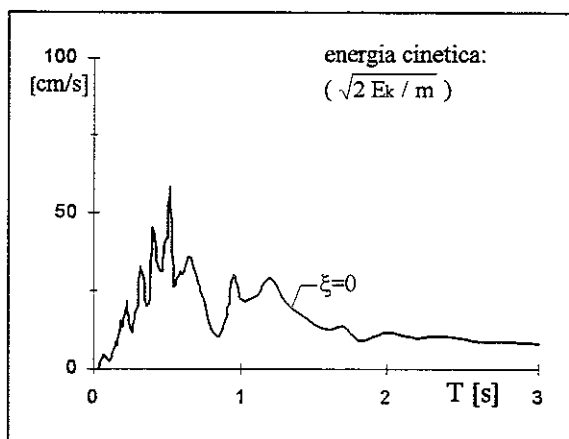
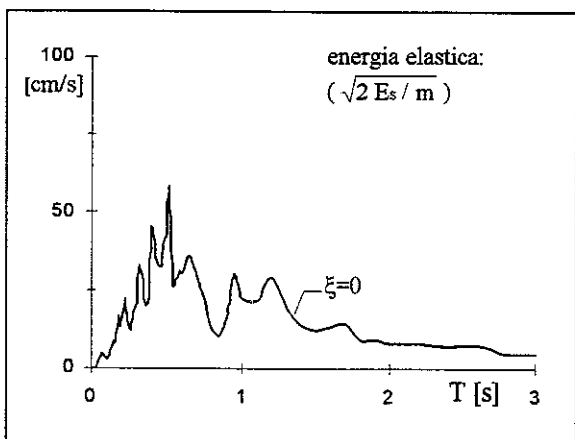
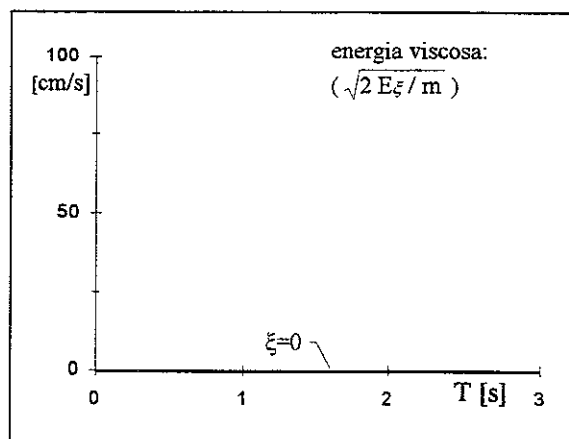
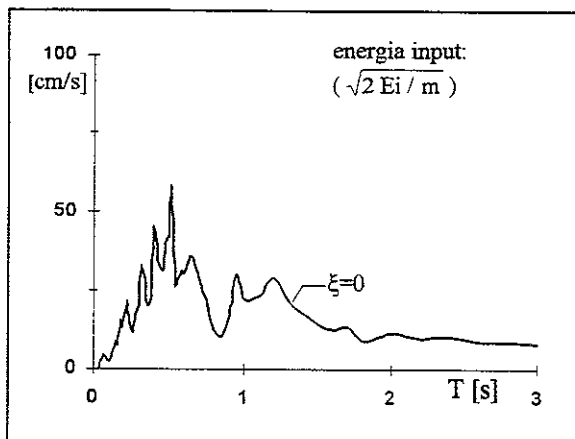


m301.ns - spettri

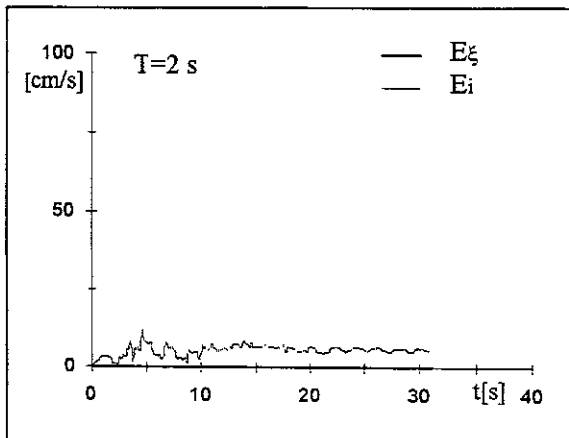
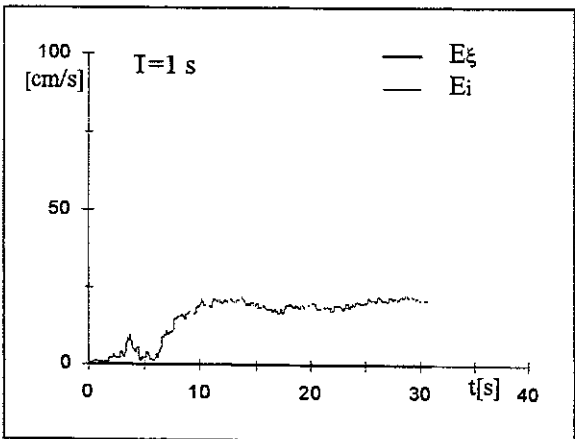
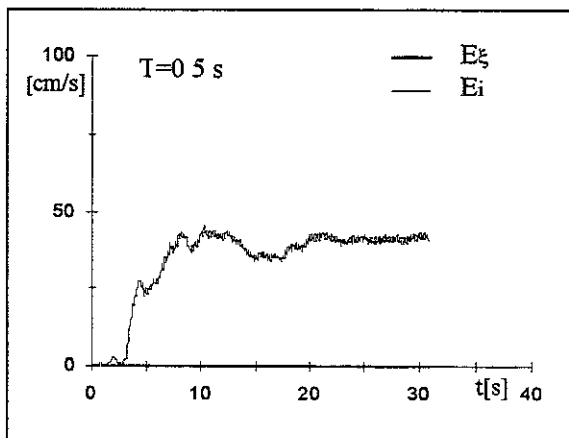
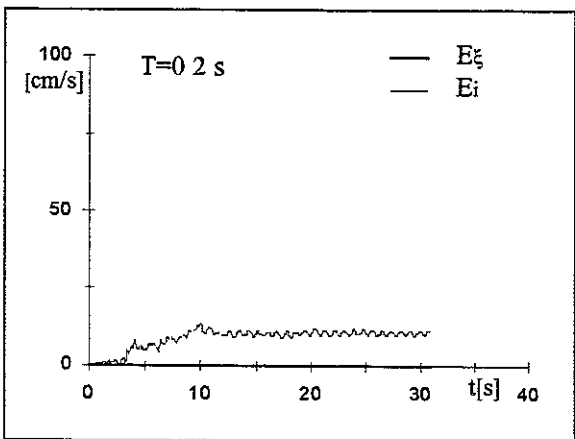


accelerazione/pga							media su intervalli ΔT ($\xi=5\%$)							energia/(pga/ ω)			
0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0
2.449	1.533	0.847	0.381	0.227	0.147	0.931	7.065	8.744	7.241	4.549	4.094	2.866	6.117				

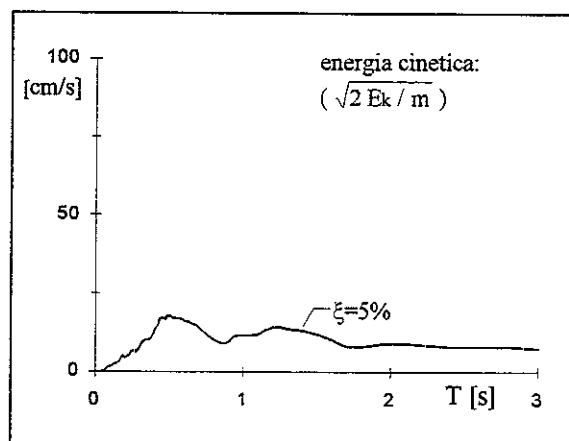
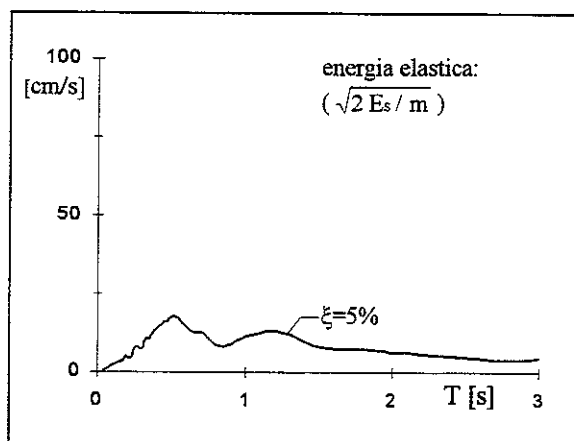
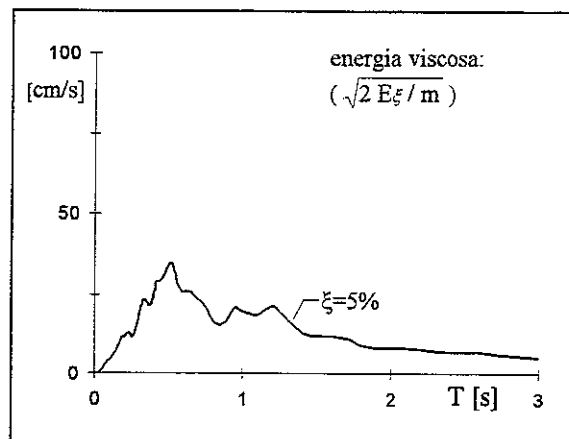
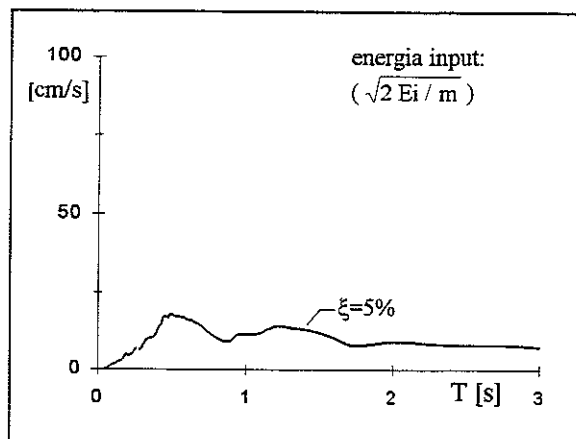
m301 ns - smorzamento 0% - energie



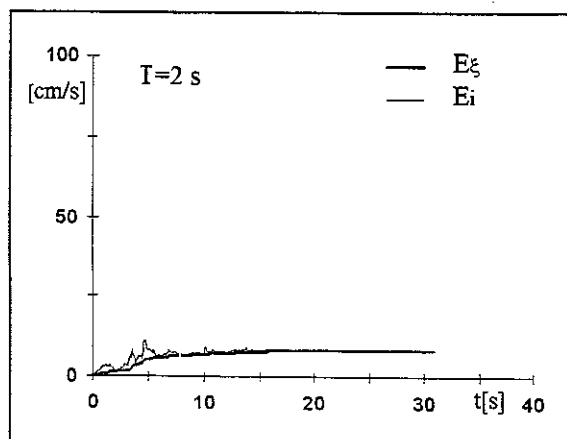
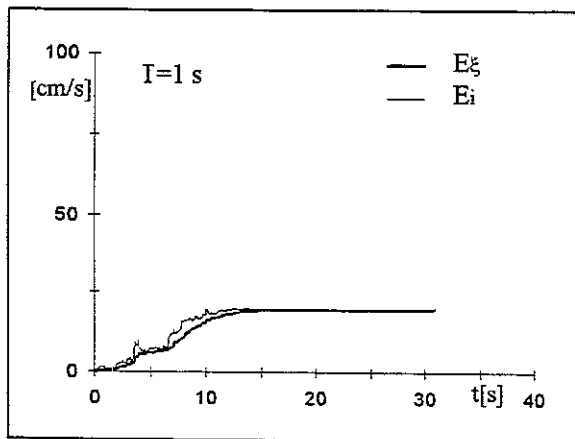
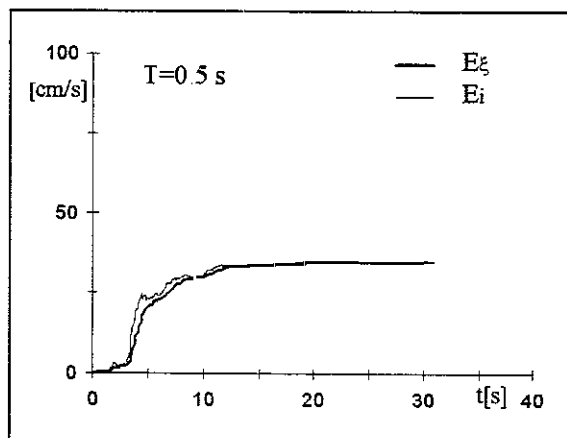
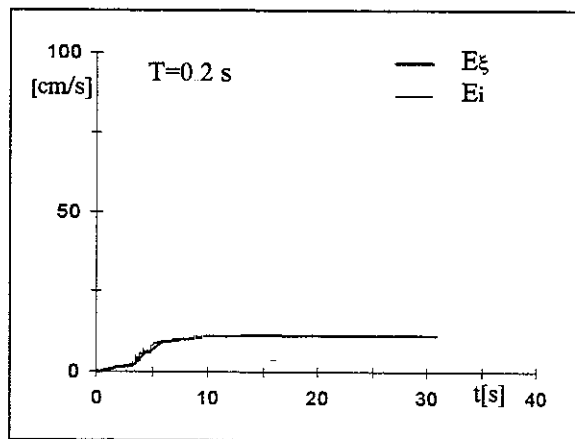
m301 ns - smorzamento 0 - storia temporale delle energie



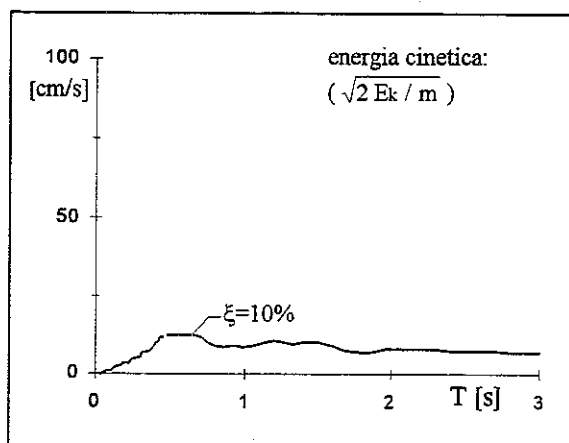
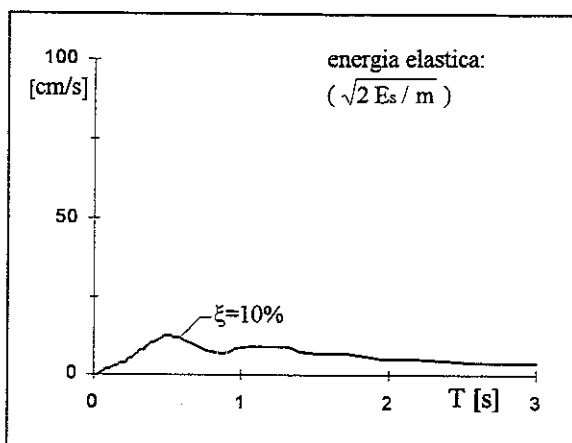
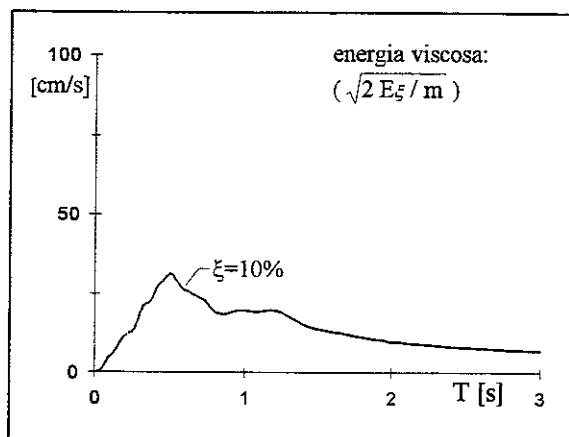
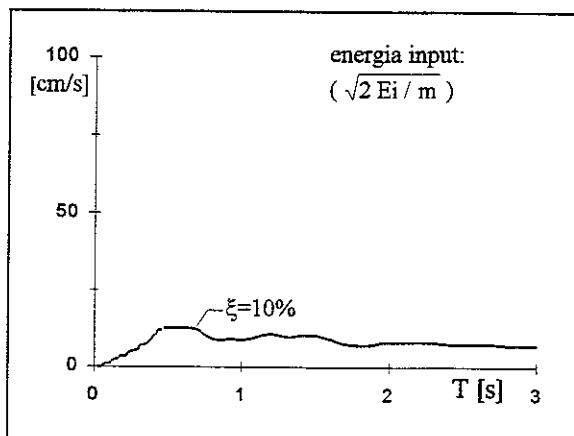
m301 ns - smorzamento 5% - energie



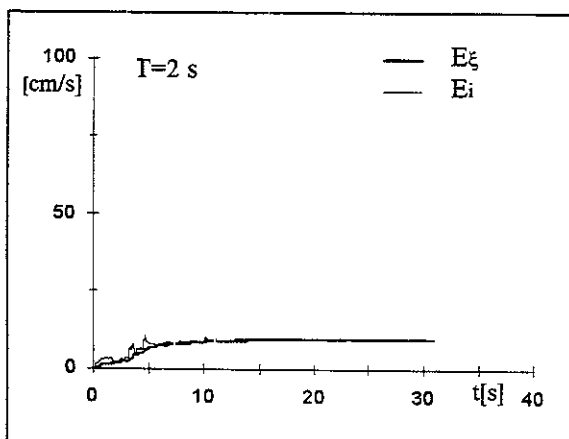
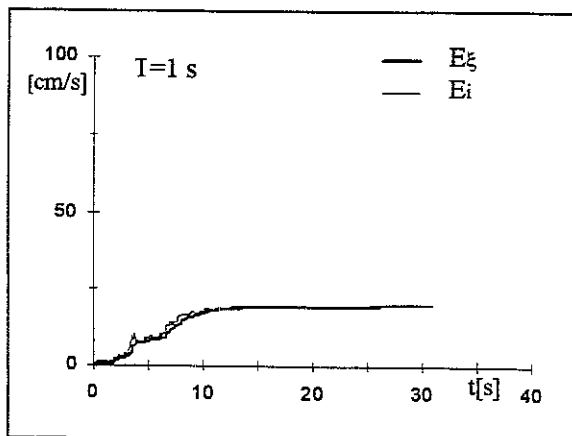
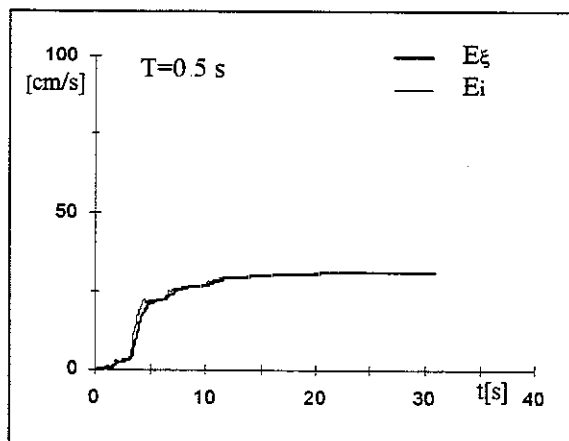
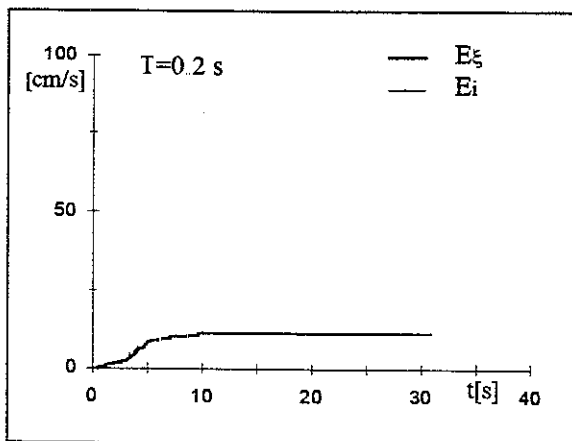
m301 ns - smorzamento 5% - storia temporale delle energie



m301 ns - smorzamento 10% - energie



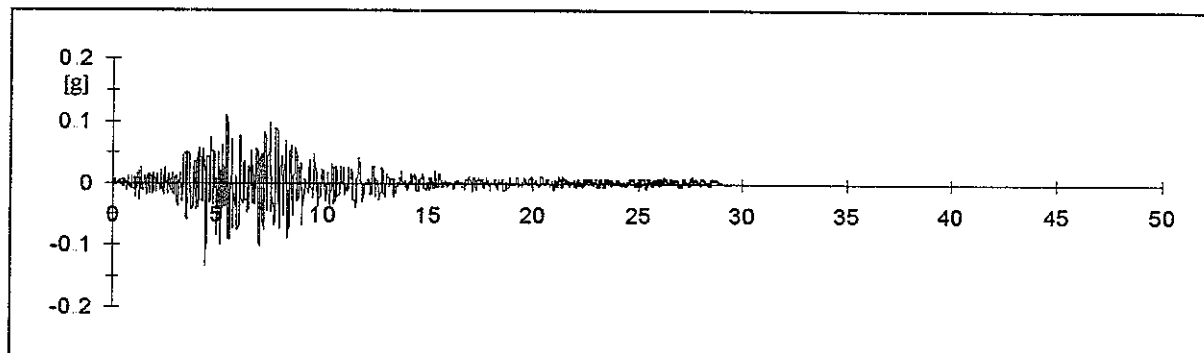
m301 ns - smorzamento 10% - storia temporale delle energie



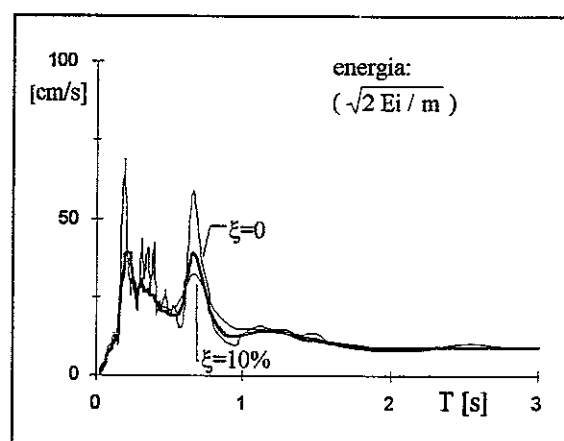
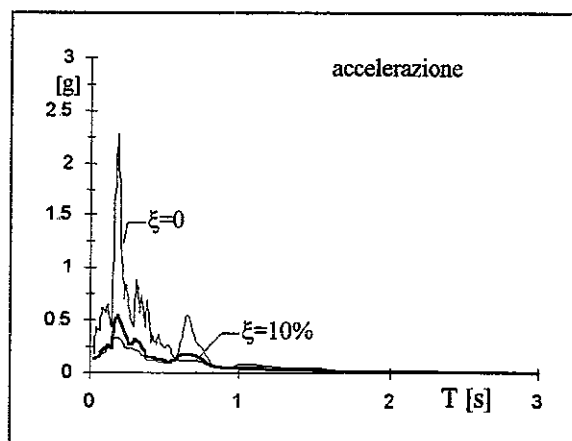
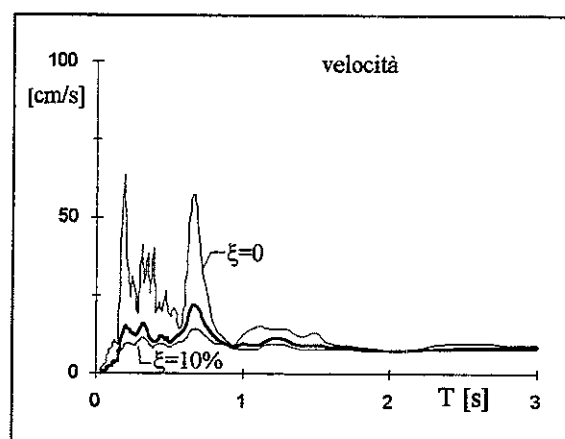
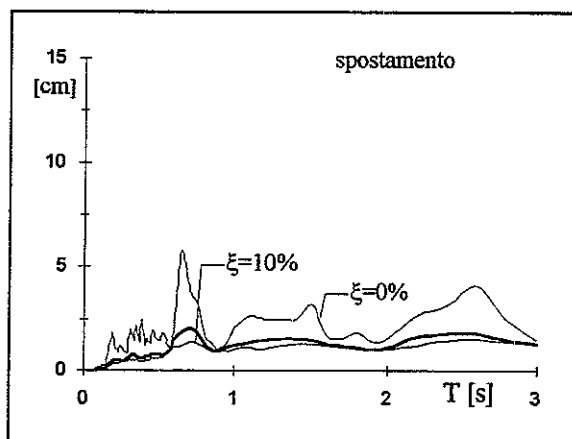
00302 TERREMOTO BASSO TIRRENO - NASO 15.04.1978

reg.	ora	durata [s]	comp	PGA [g]	t(PGA) [s]	smorz	ω [Hz]	file	n.p.	M	dist.ep. [Km]	sito
ENEA	23:33.47	28.970	E.W.	-0.1322	4.478	0.61	26.40	M200302	11886	5.6	32.3	0/601

m302.ew - accelerogramma

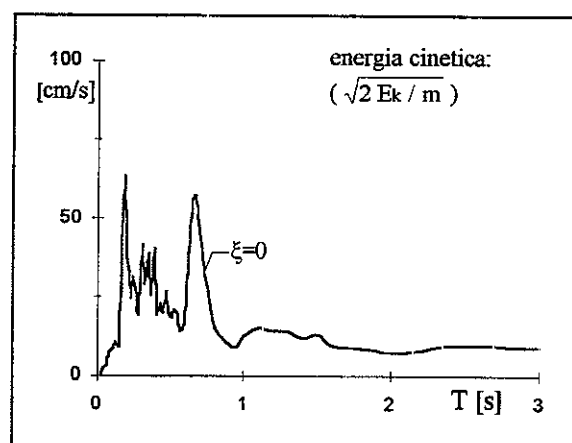
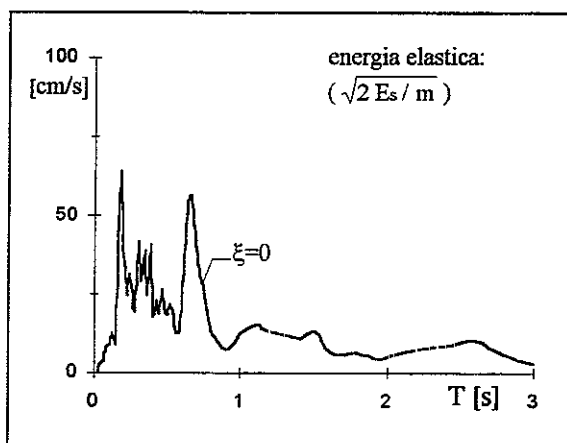
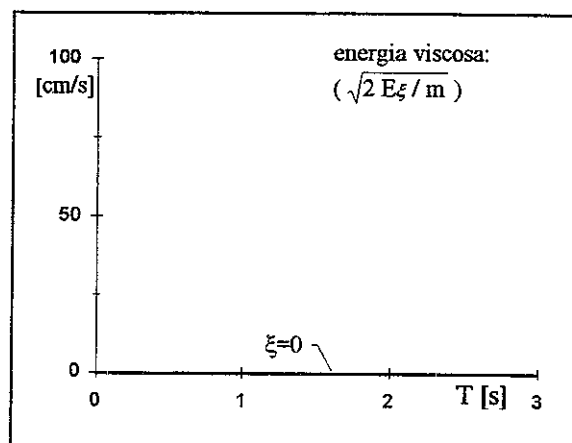
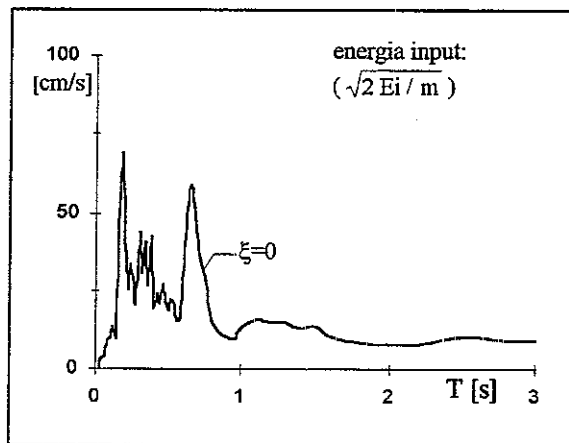


m302.ew - spettri

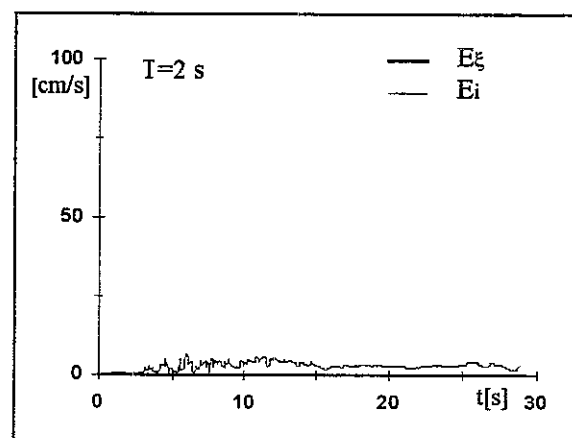
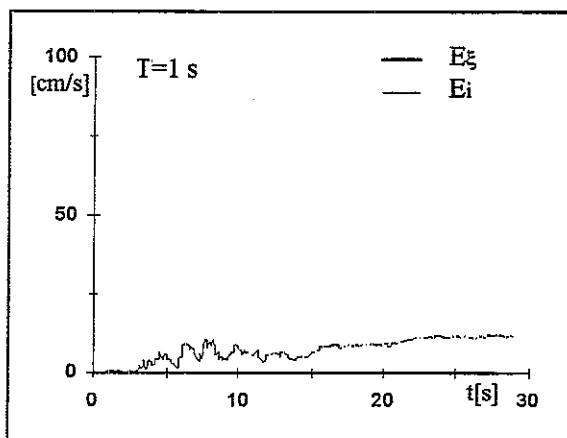
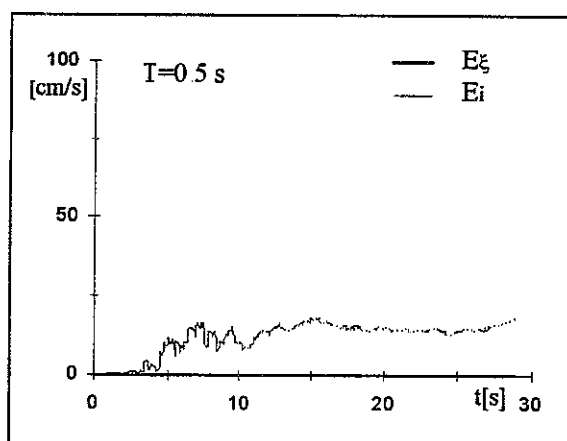
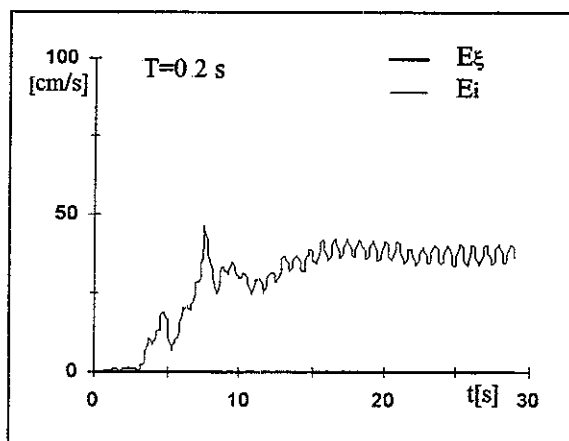


accelerazione/pga							media su intervalli ΔT ($\xi=5\%$)							energia/(pga/ ω)			
0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0				
1.897	0.809	0.285	0.121	0.096	0.063	0.545	4.796	4.717	2.679	1.935	1.941	1.646	3.232				

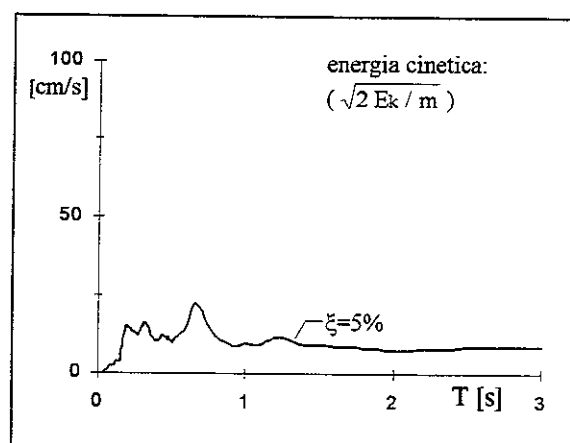
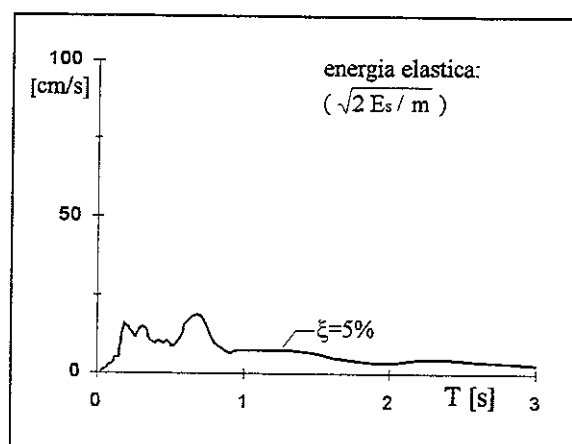
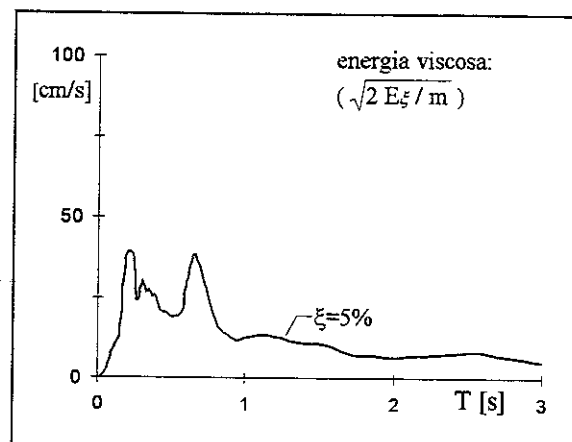
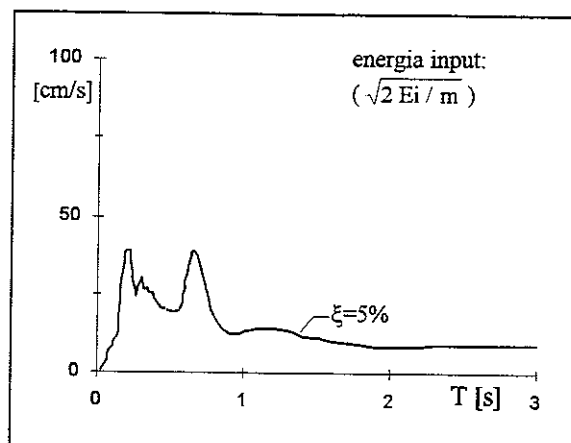
m302.ew - smorzamento 0 - energie



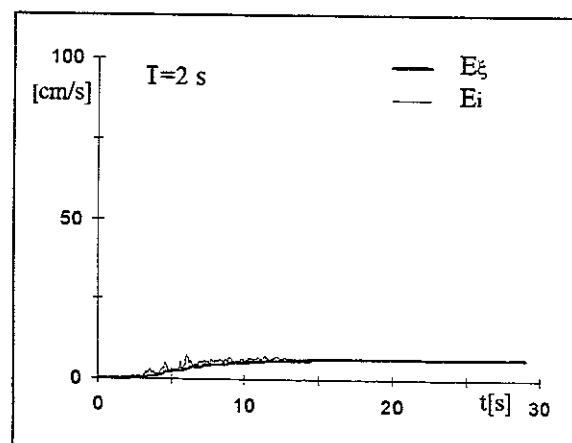
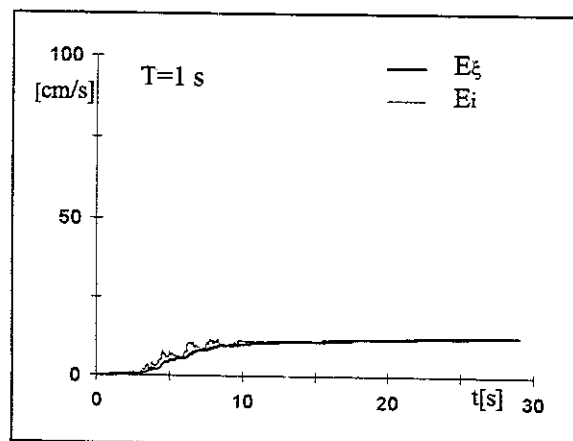
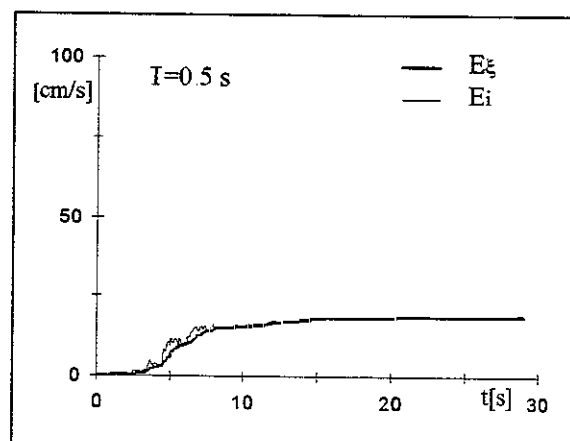
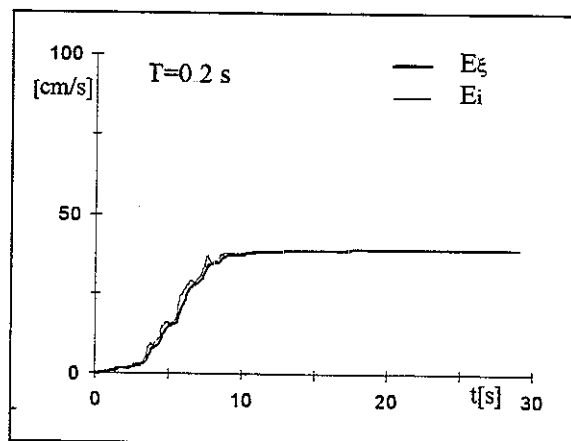
m302.ew - smorzamento 0 - storia temporale delle energie



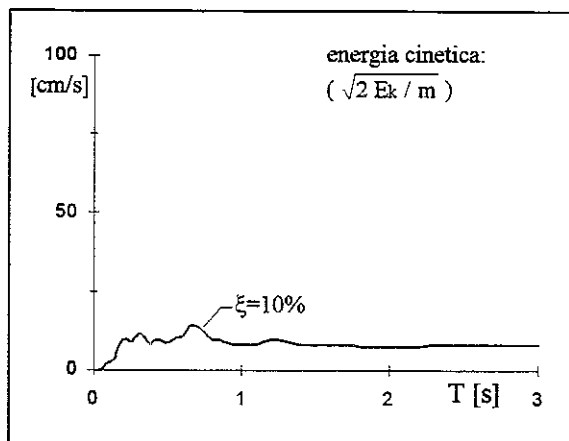
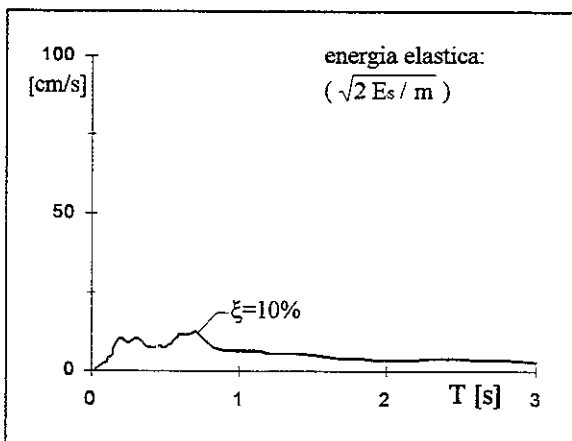
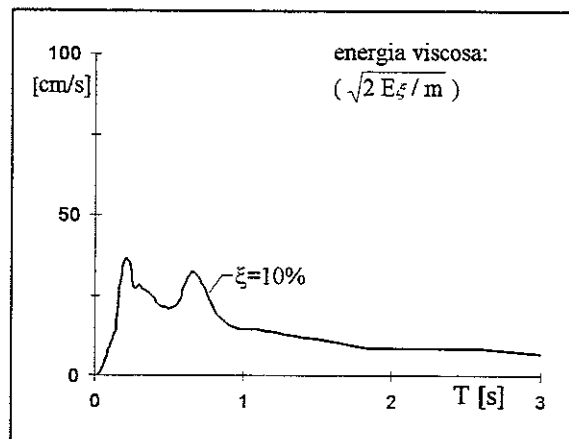
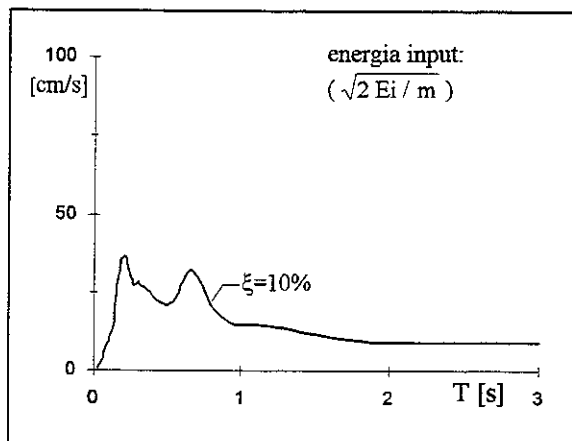
m302 ew - smorzamento 5% - energie



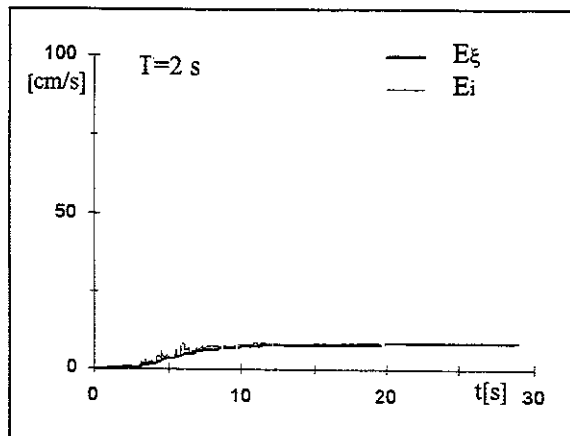
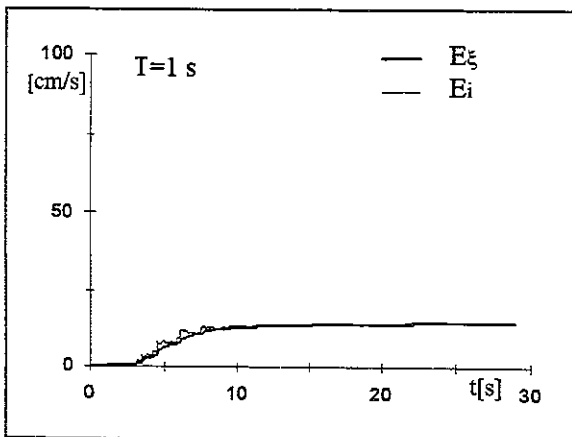
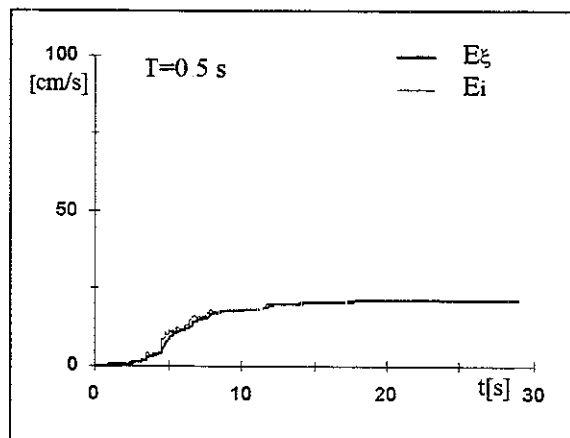
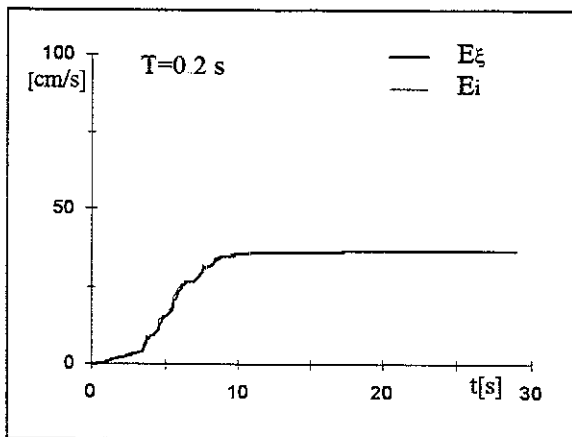
m302 ew - smorzamento 5% - storia temporale delle energie



m302 ew - smorzamento 10% - energie



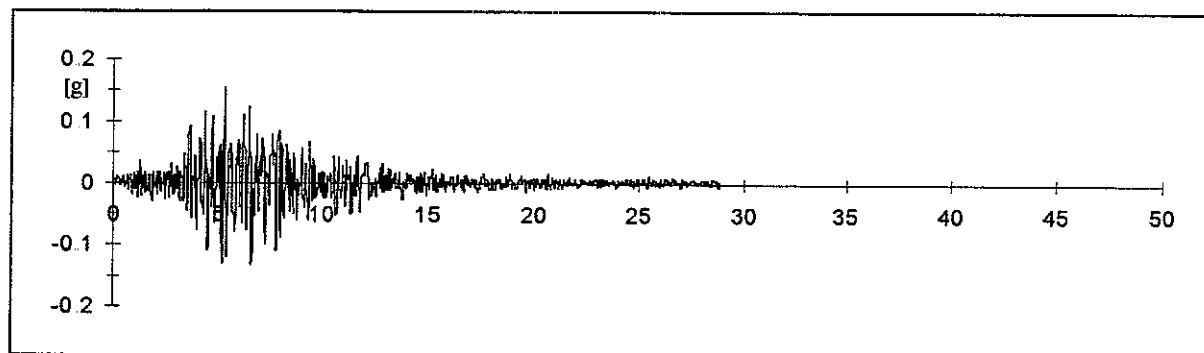
m302 ew - smorzamento 10% - storia temporale delle energie



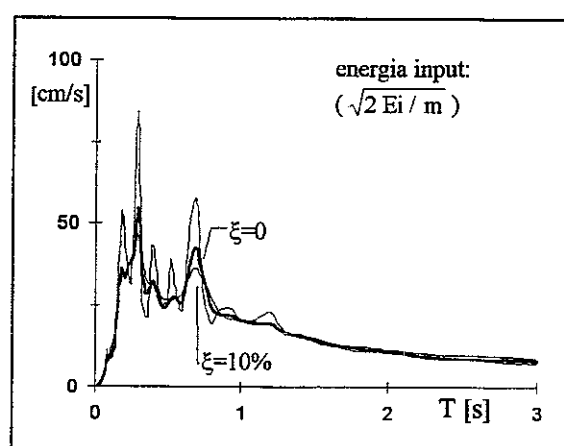
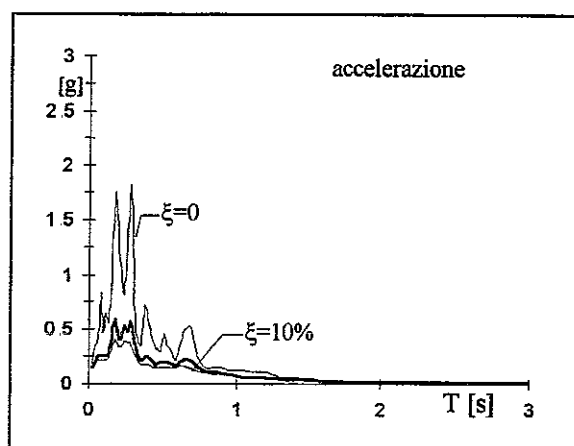
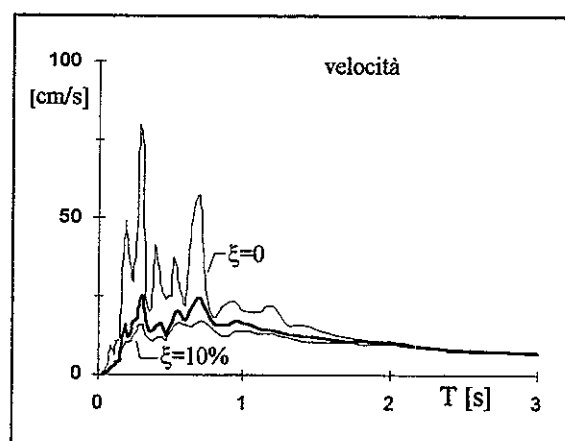
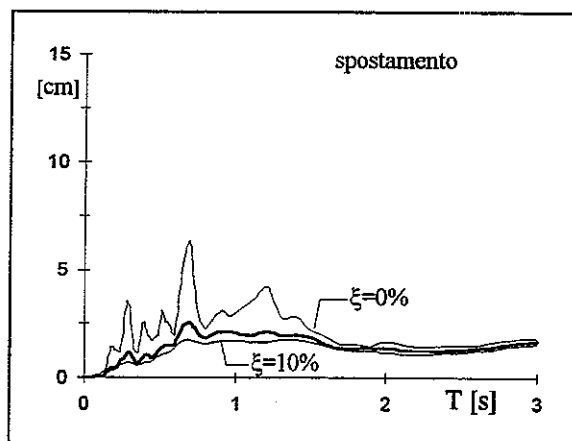
00302 TERREMOTO BASSO TIRRENO - NASO 15.04.1978

reg.	ora	durata [s]	comp	PGA [g]	t(PGA) [s]	smorz	ω [Hz]	file	n.p.	M	dist.ep. [Km]	sito
ENEA	23.33.47	28.957	N.S.	0.1523	5.249	0.58	26.70	M200302	11878	5.6	32.3	0/601

m302 ns - accelerogramma

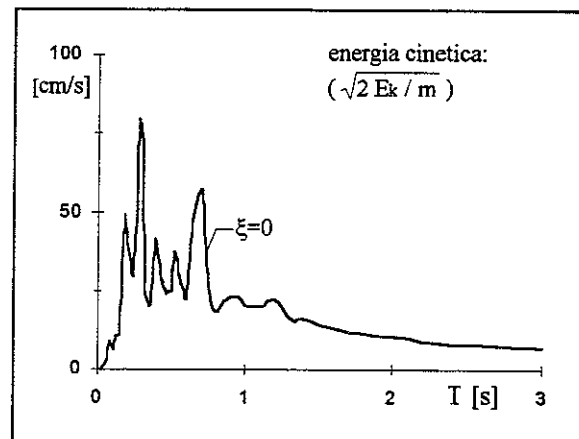
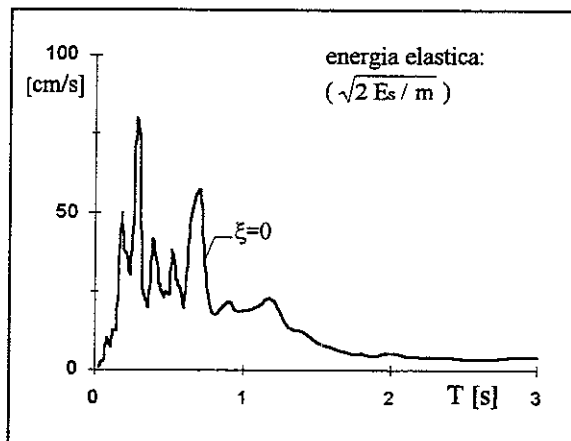
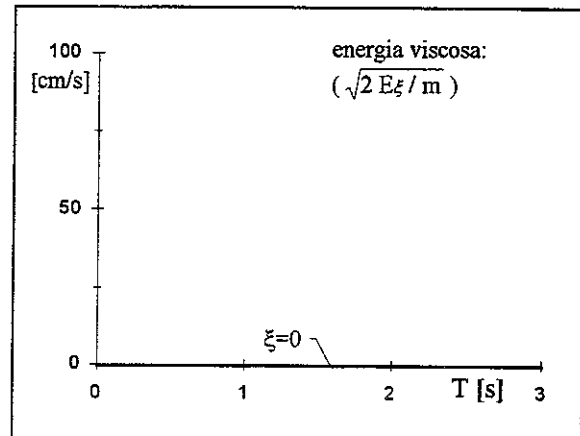
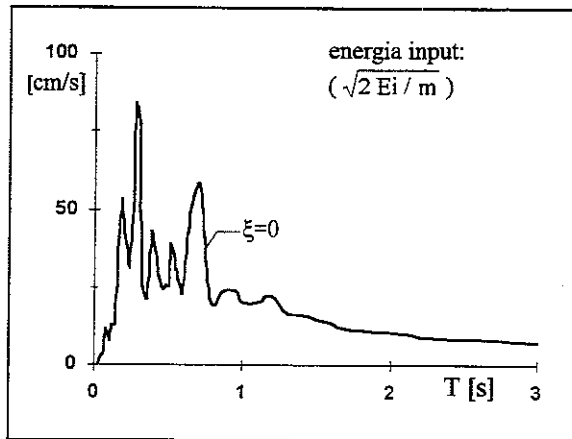


m302 ns - spettri

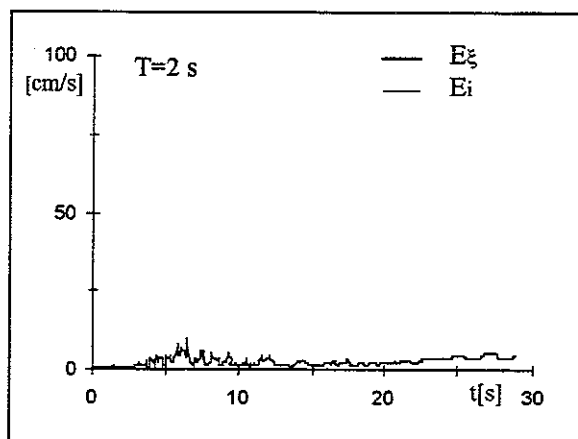
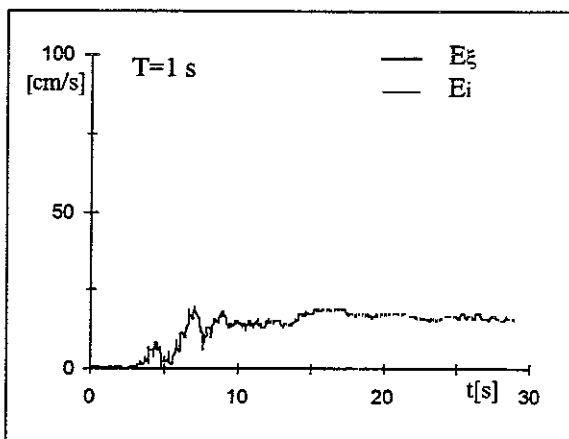
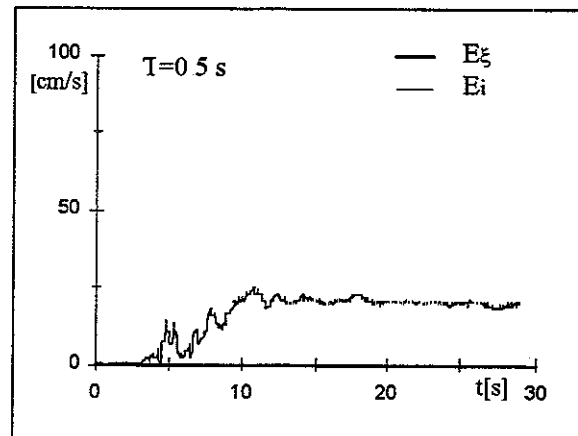
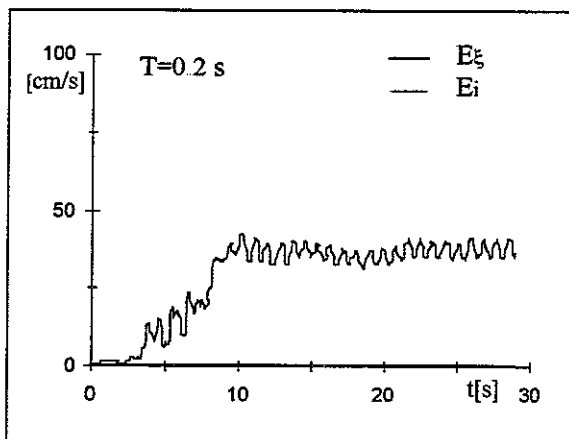


accelerazione/pga							media su intervalli ΔT ($\xi=5\%$)							energia/(pga/ ω)			
0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0
2.075	0.993	0.352	0.128	0.067	0.051	0.611	5.329	5.155	3.176	2.219	1.882	1.373	3.545				

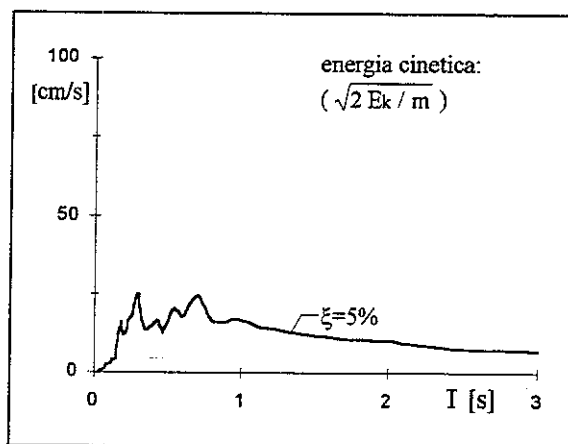
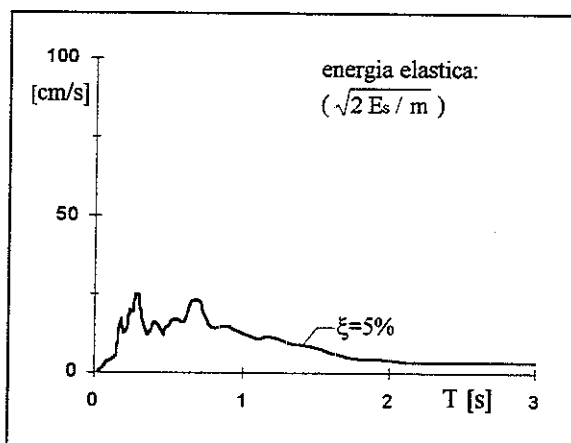
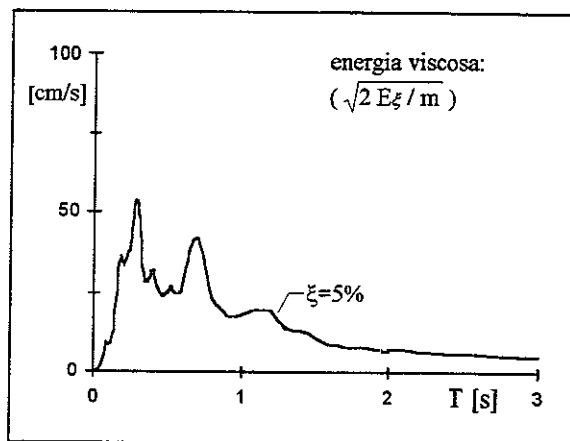
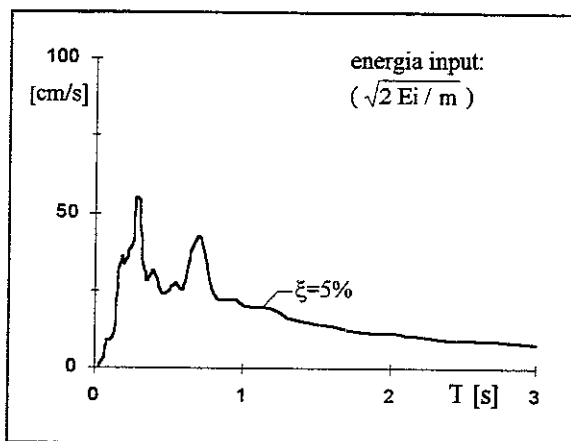
m302 ns - smorzamento 0 - energie



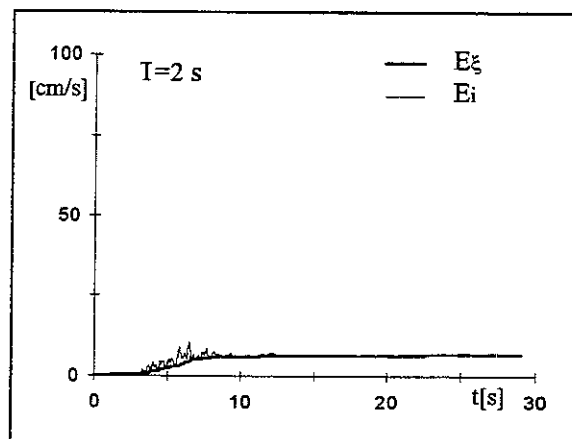
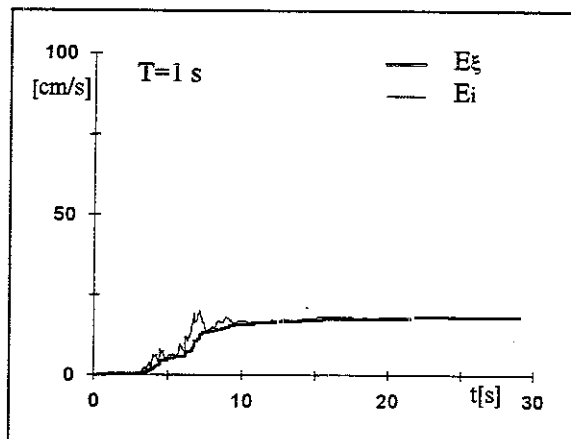
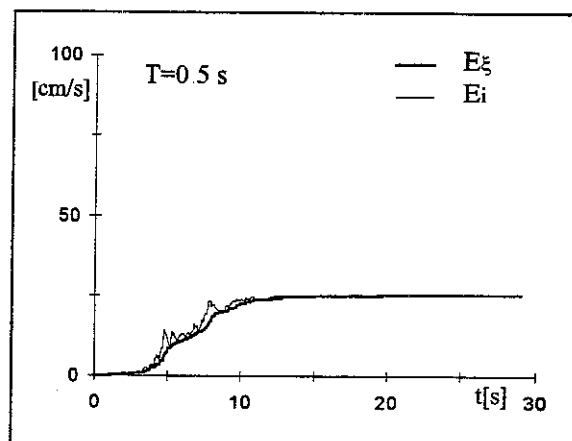
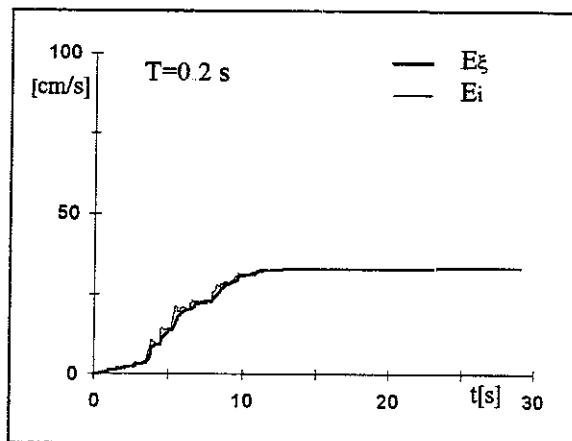
m302 ns - smorzamento 0 - storia temporale delle energie



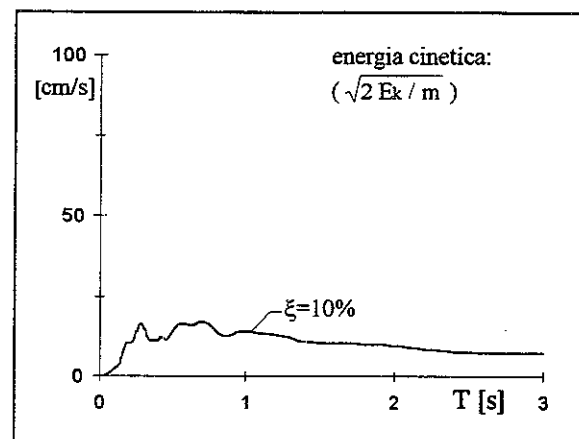
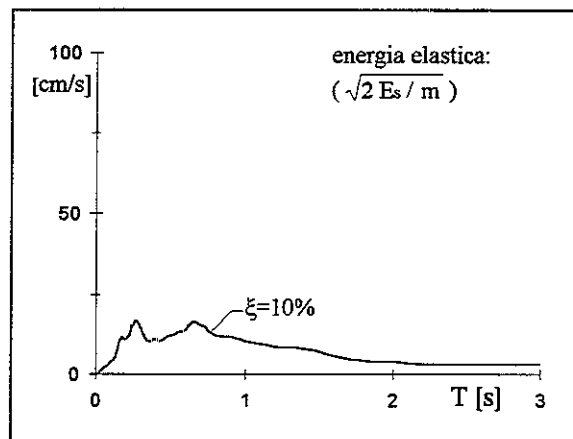
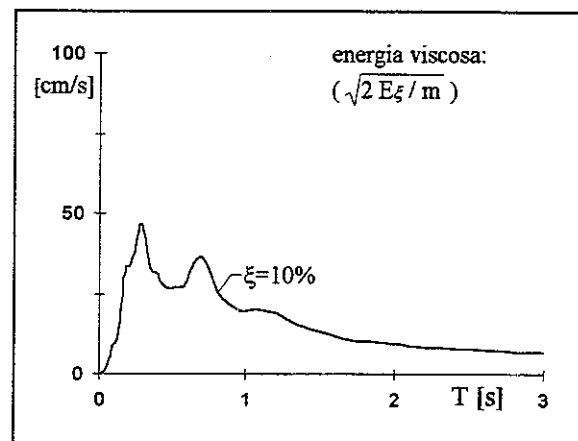
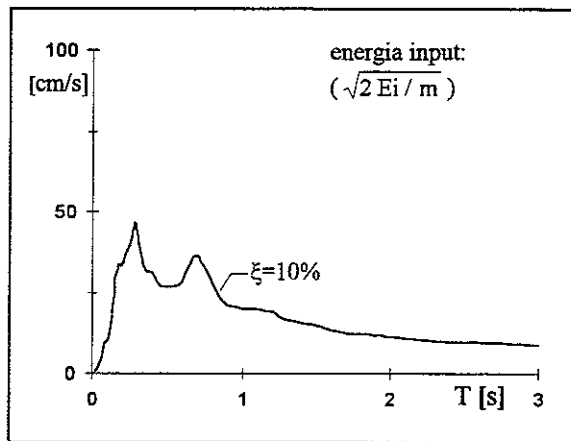
m302 ns - smorzamento 5% - energie



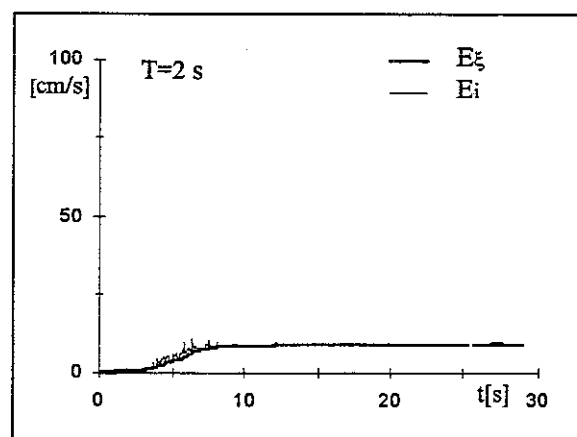
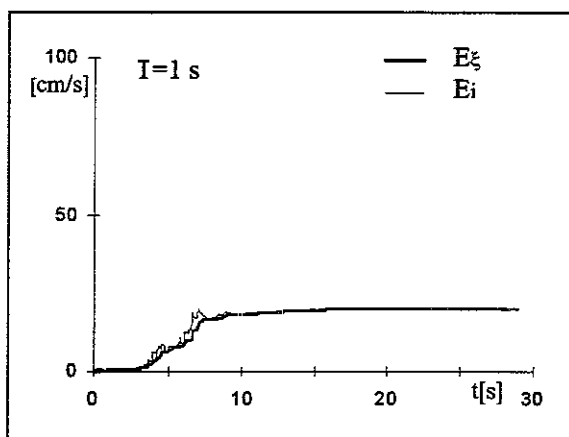
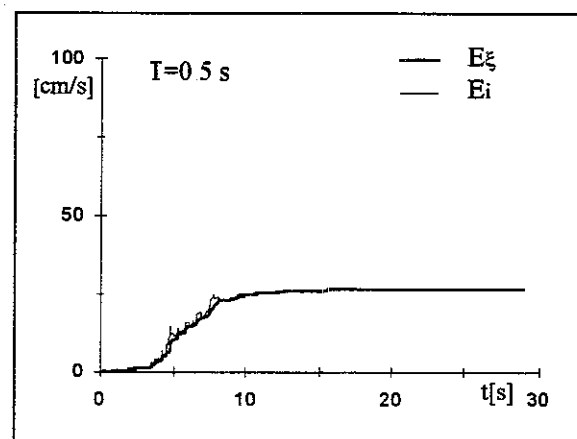
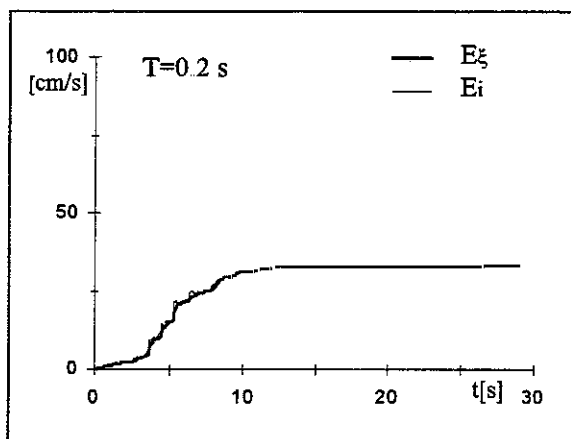
m302 ns - smorzamento 5% - storia temporale delle energie



m302 ns - smorzamento 10% - energie



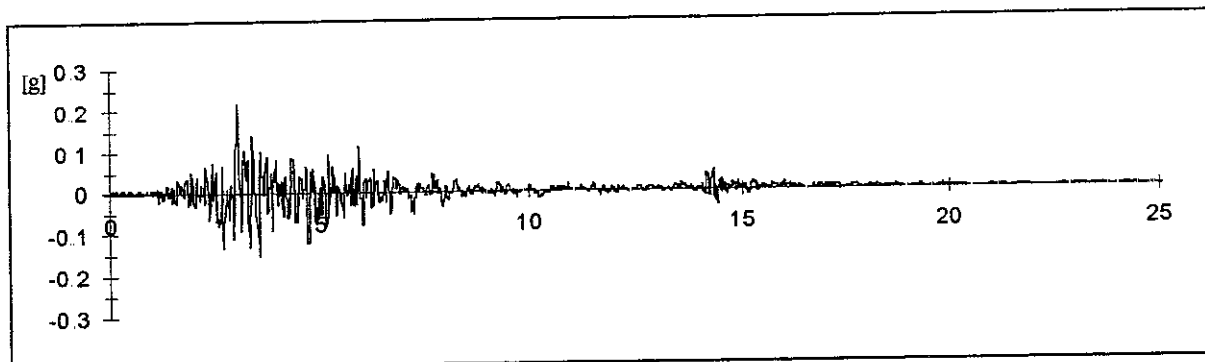
m302 ns - smorzamento 10% - storia temporale delle energie



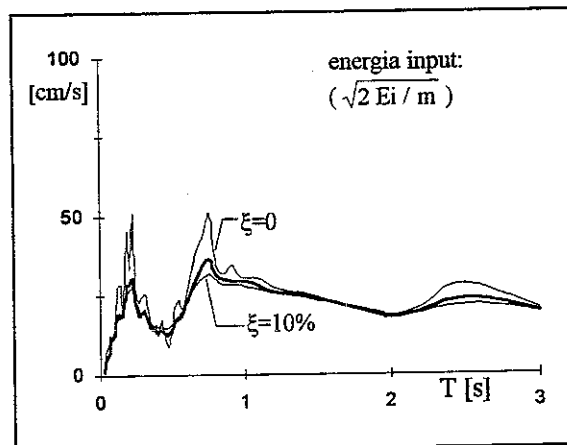
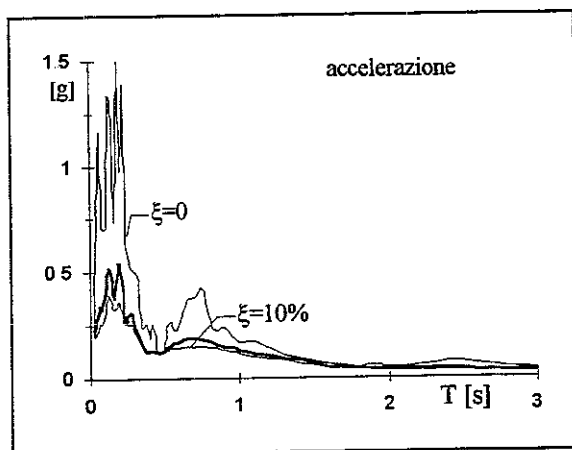
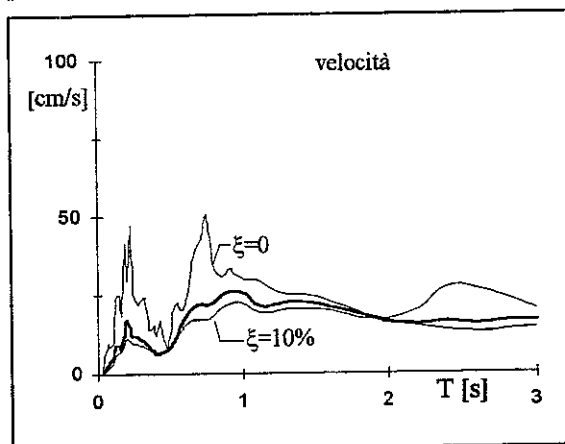
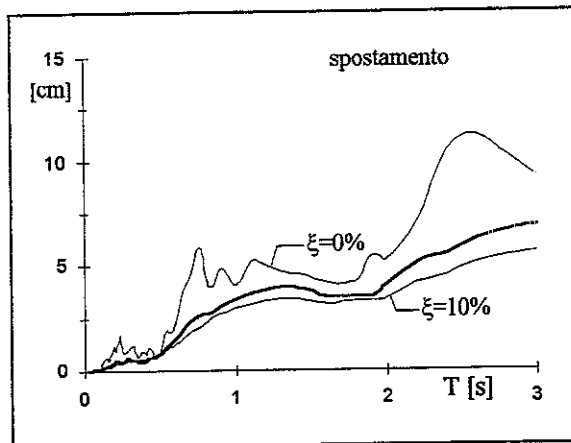
00350 TERREMOTO DI NORCIA - CASCIA 19.09.1979

reg.	ora	durata [s]	comp	PGA [g]	t(PGA) [s]	smorz	ω [Hz]	file	n.p.	M	dist.ep. [Km]	sito
ENEA	21.35.37	25.023	E.W.	0.2103	3.047	0.59	26.70	M200350	10264	5.5	4.1	0/601

m350 ew - accelerogramma

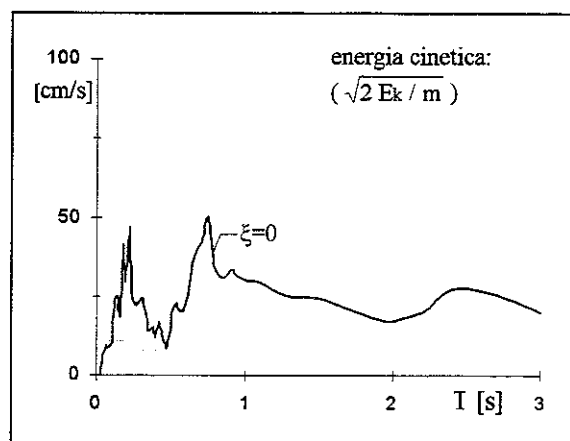
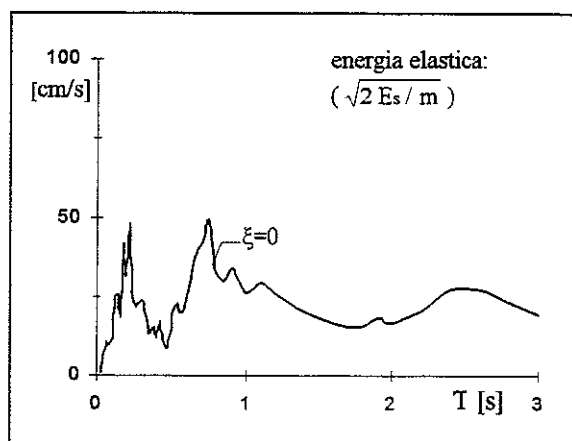
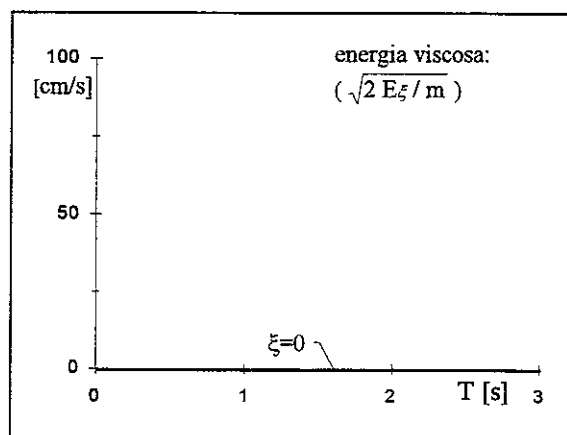
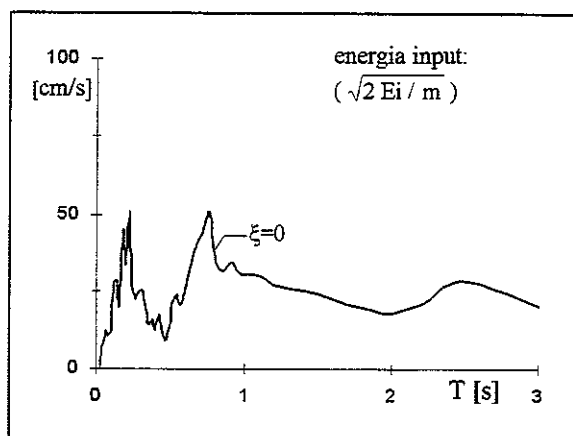


m350 ew - spettri

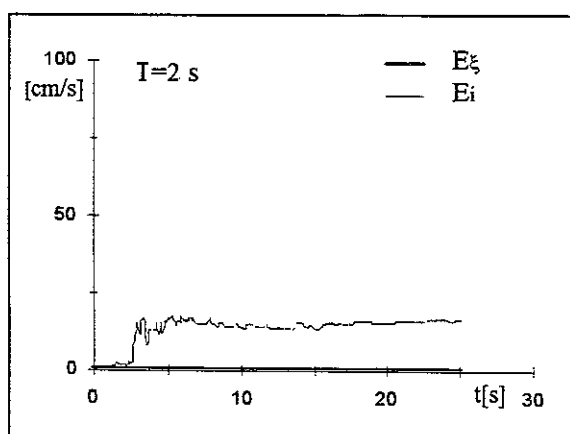
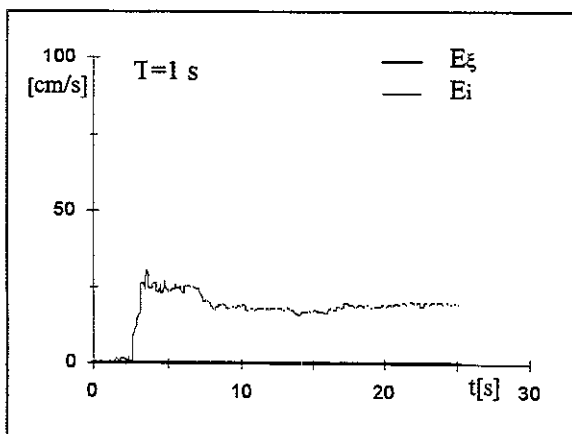
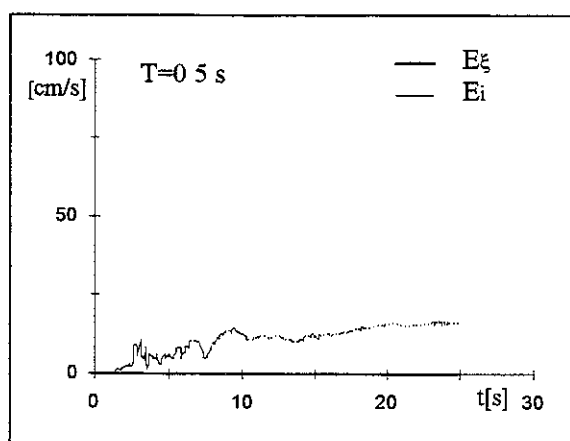
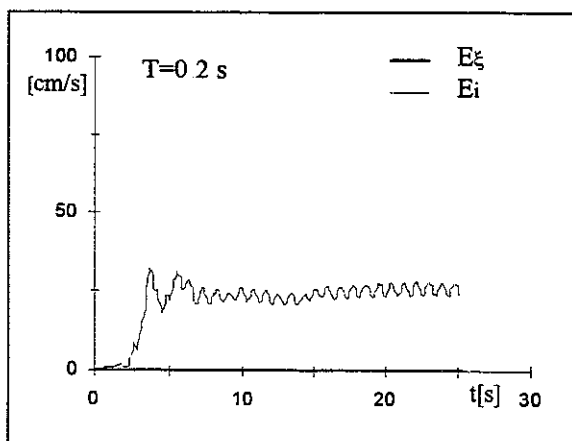


accelerazione/pga							media su intervalli ΔT ($\xi=5\%$)							energia/(pga/ ω)			
0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0
1.321	0.797	0.480	0.229	0.193	0.166	0.531	2.270	3.745	3.379	2.708	3.046	2.545	2.991				

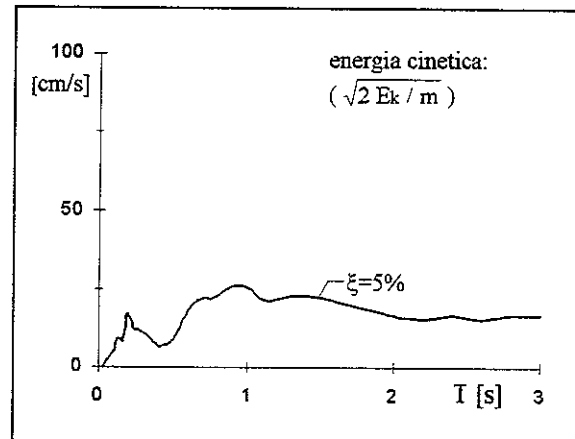
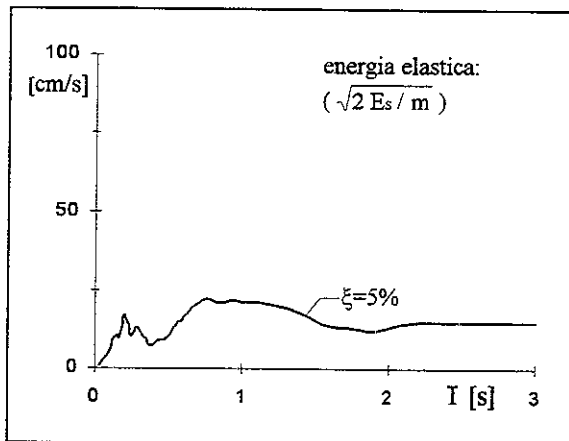
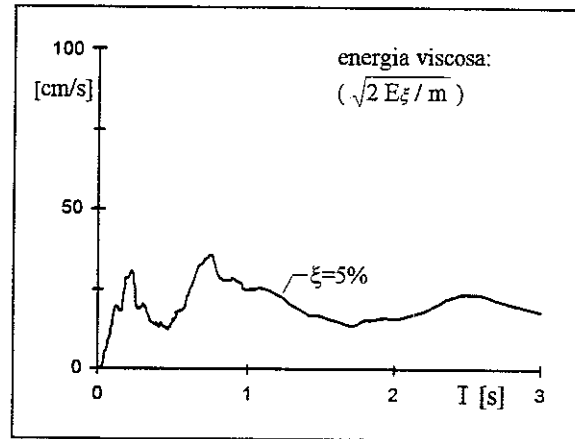
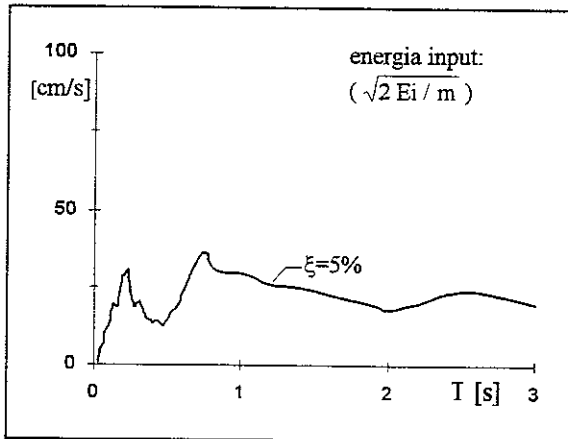
m350.ew - smorzamento 0 - energie



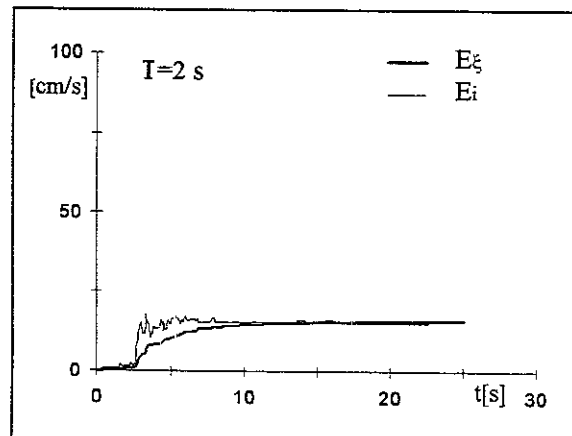
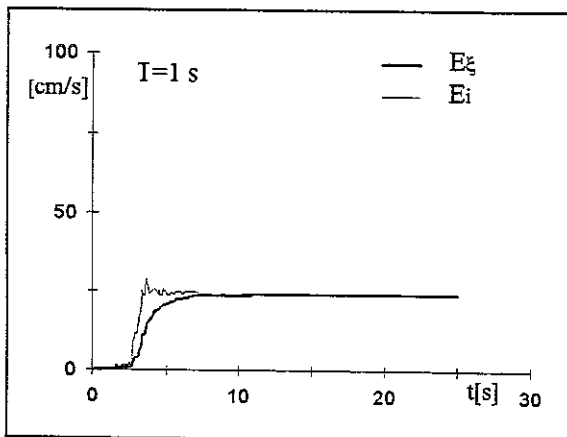
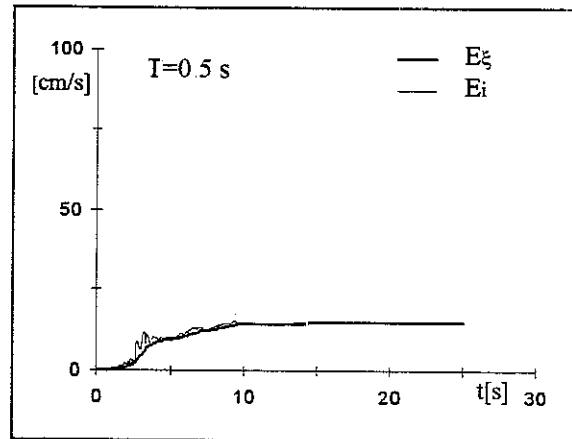
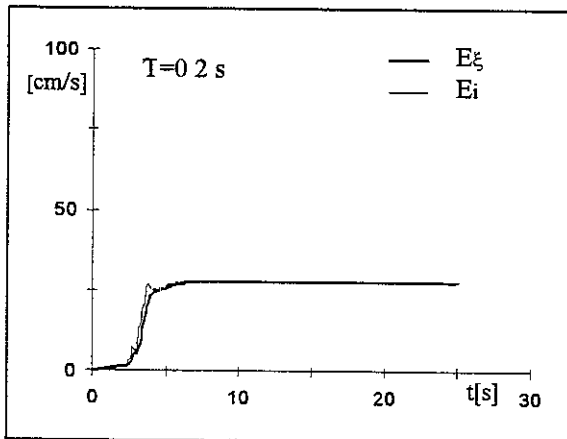
m350.ew - smorzamento 0 - storia temporale delle energie



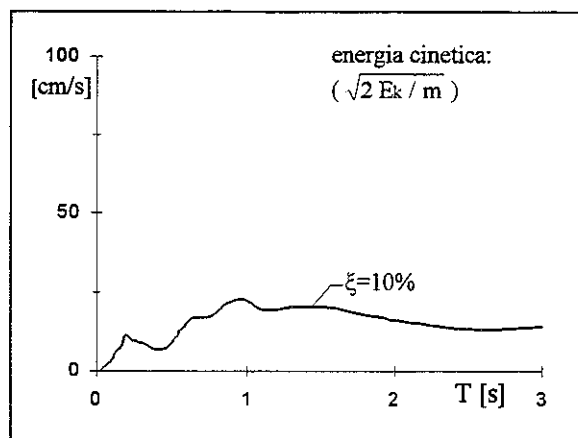
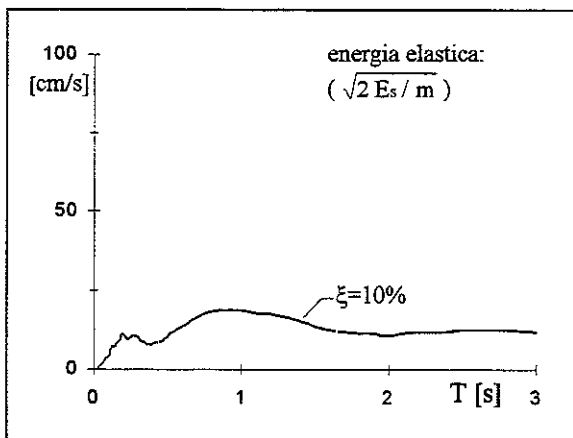
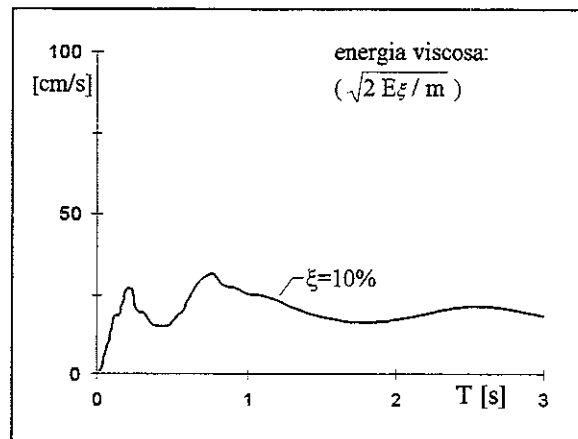
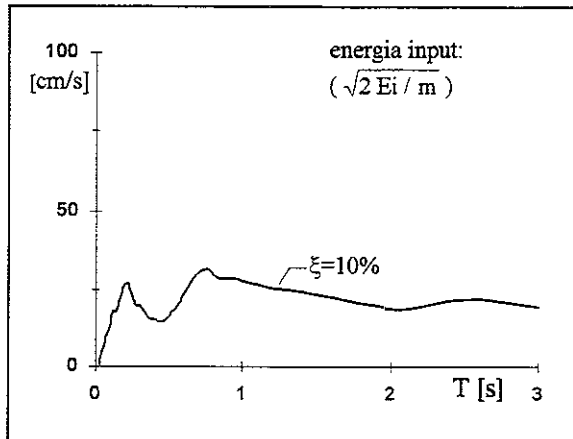
m350 ew - smorzamento 5% - energie



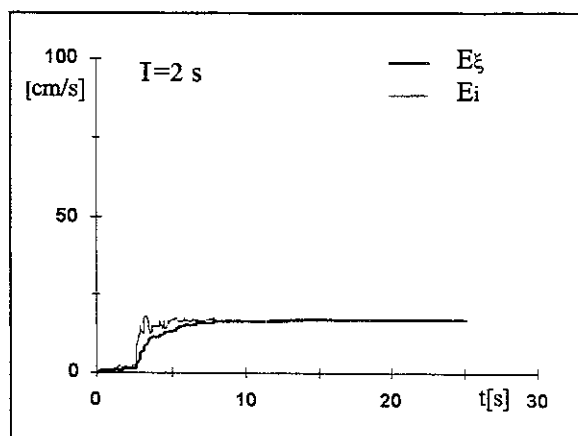
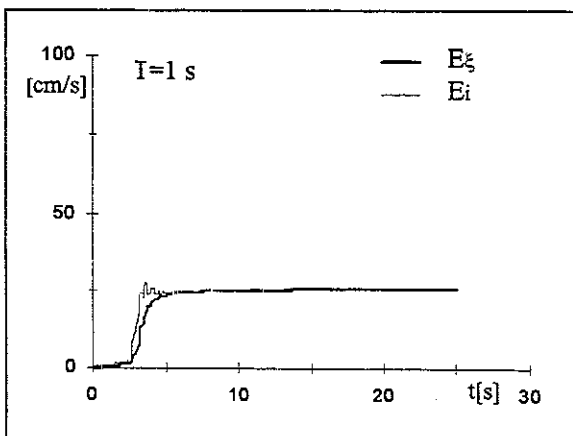
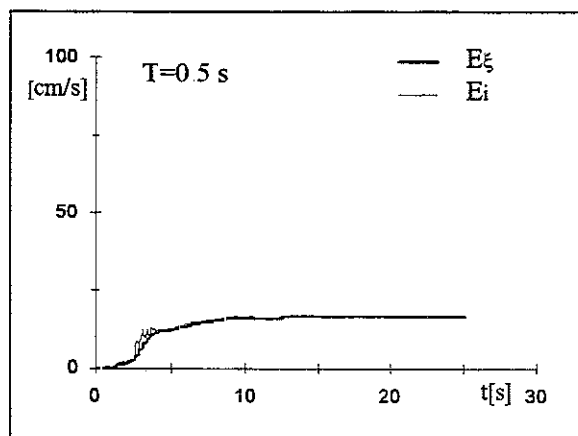
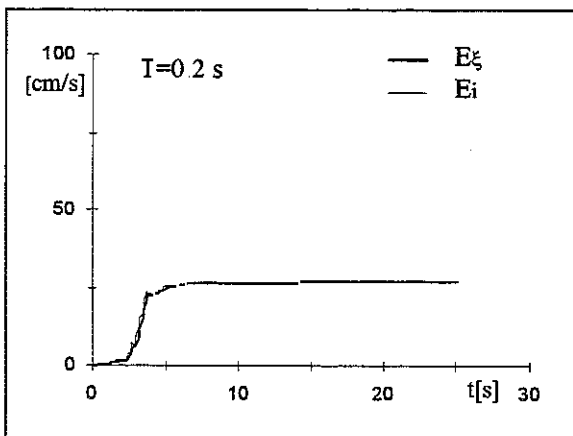
m350 ew - smorzamento 5% - storia temporale delle energie



m350 ew - smorzamento 10% - energie



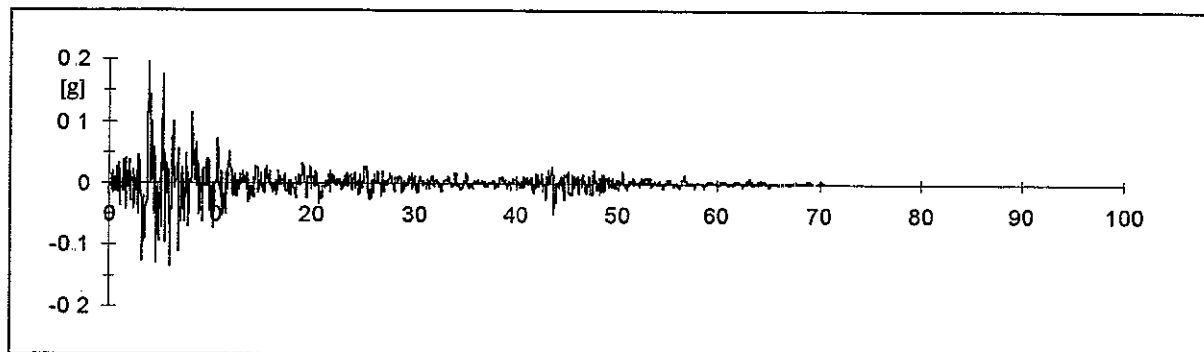
m350 ew - smorzamento 10% - storia temporale delle energie



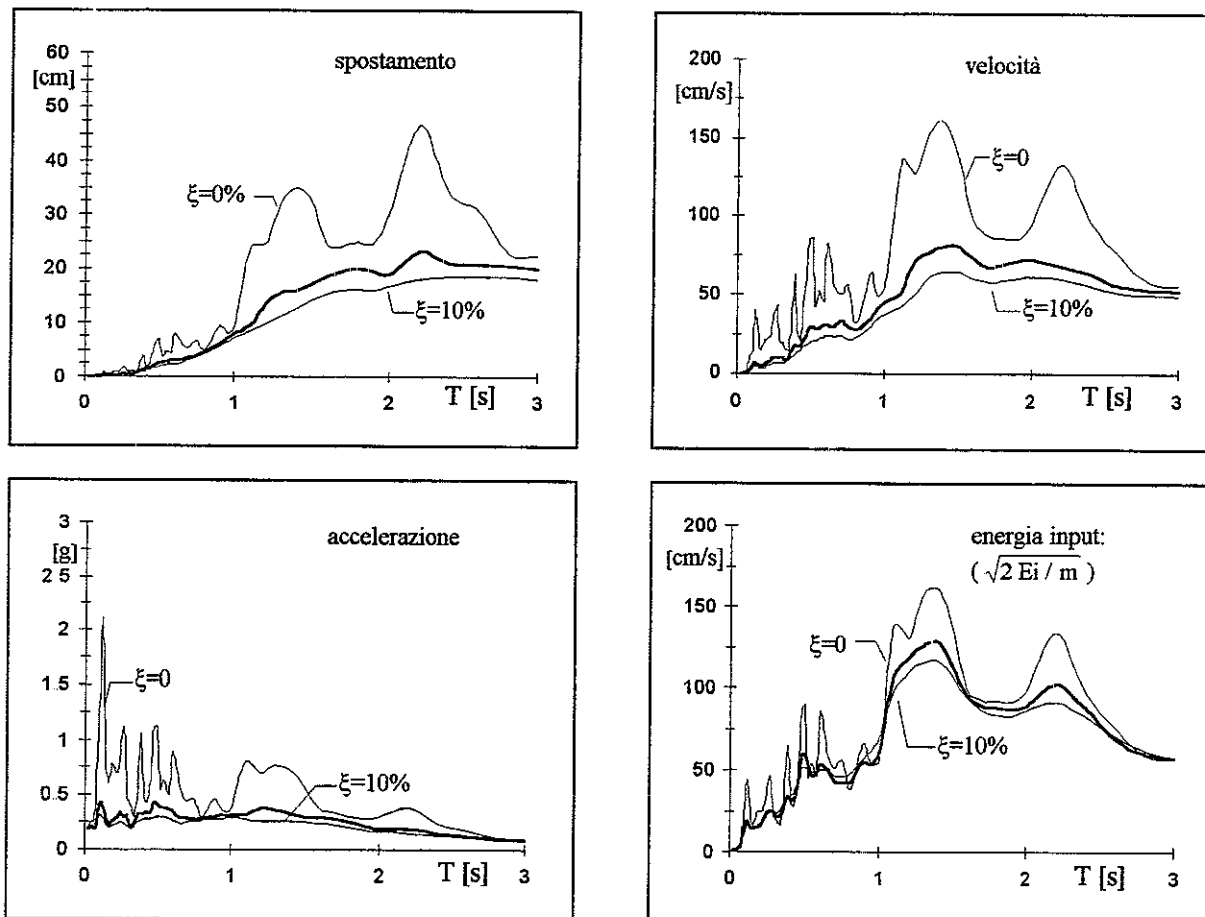
00621 TERREMOTO CAMPANO LUCANO - BAGNOLI IRPINO 23.11.1980

reg.	ora	durata [s]	comp	PGA [g]	t(PGA) [s]	smorz	ω [Hz]	file	n.p.	M	dist.ep. [Km]	sito
ENEA	18.34.53	79.149	E.W.	0.1914	3.920	0.557	25.80	M200621	27200	6.5	/	/

m621.ew - accelerogramma

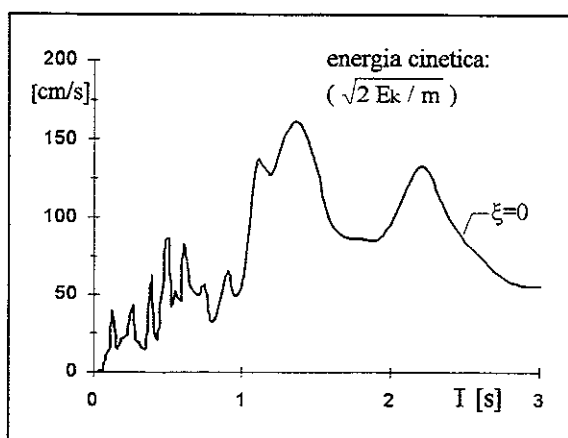
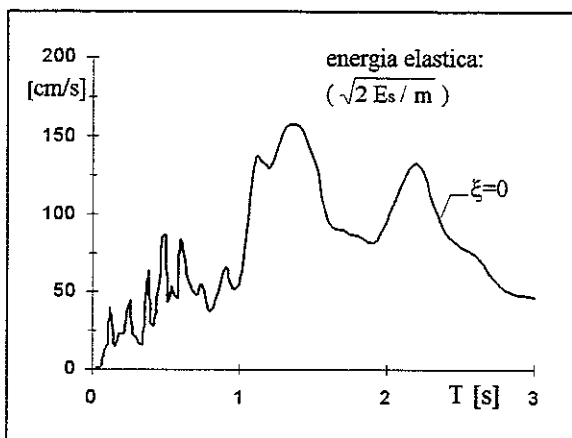
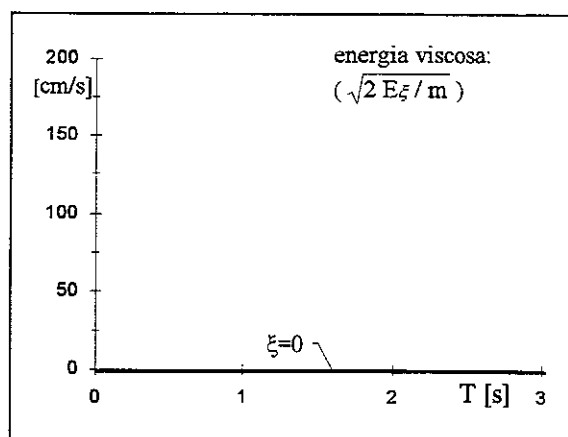
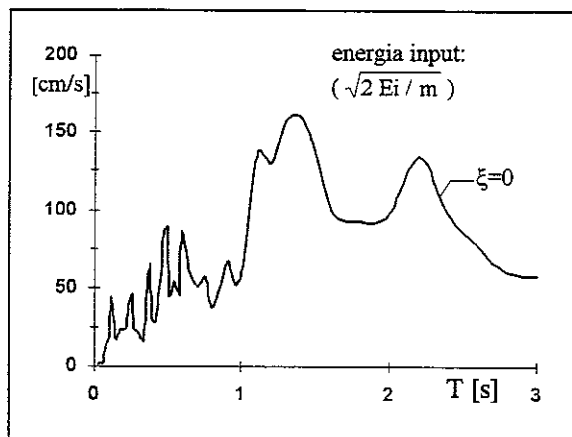


m621.ew - spettri

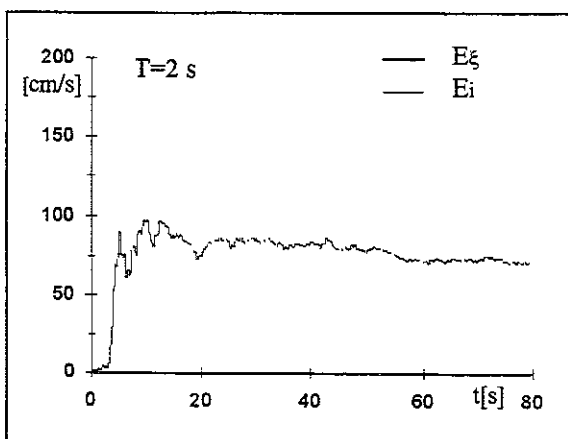
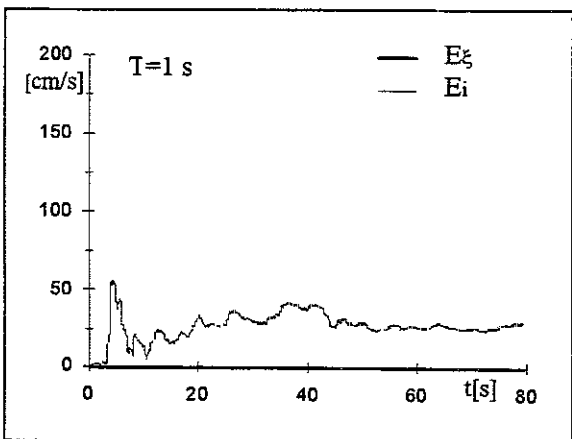
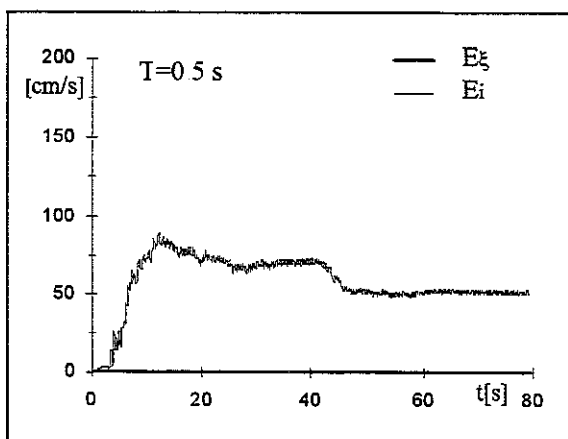
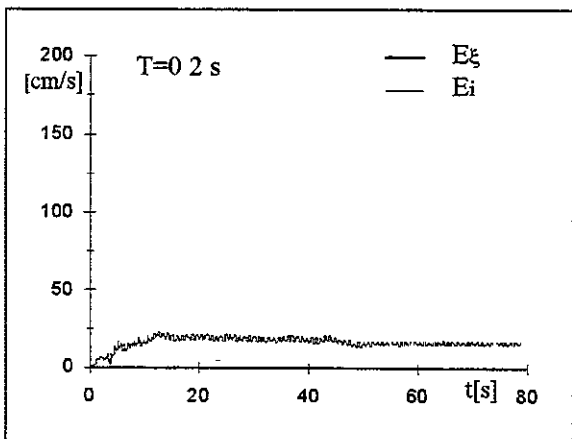


accelerazione/pga							media su intervalli ΔT ($\xi=5\%$)							energia/(pga/ ω)			
0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0
1.559	1.653	1.781	1.334	0.899	0.577	1.300	3.747	6.841	15.84	12.75	13.69	7.617	10.95				

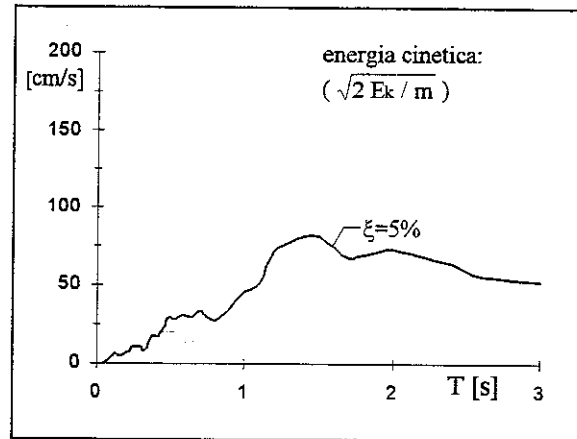
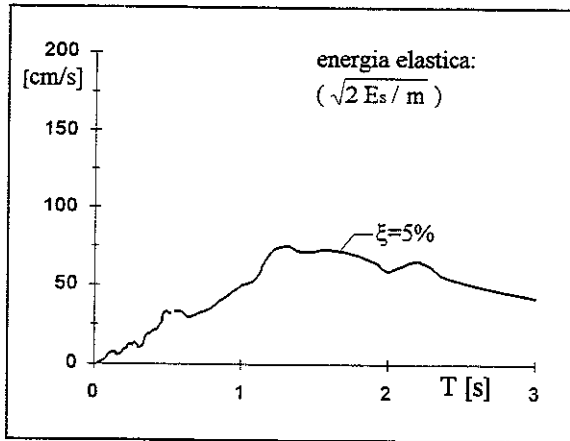
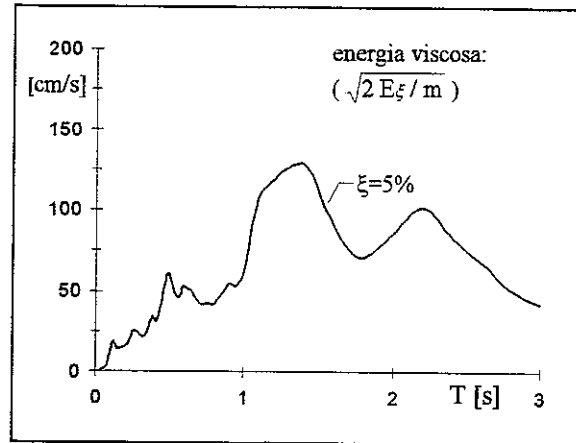
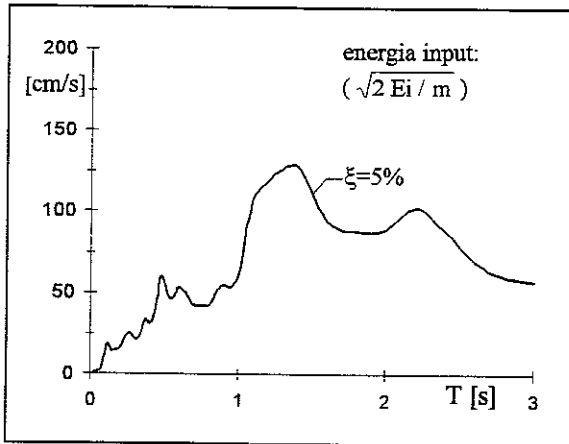
m621 ew - smorzamento 0 - energie



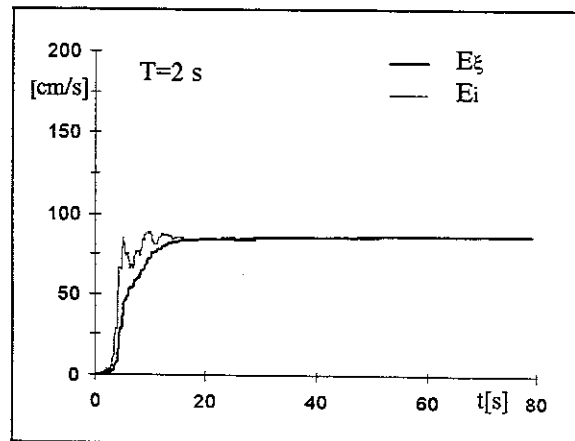
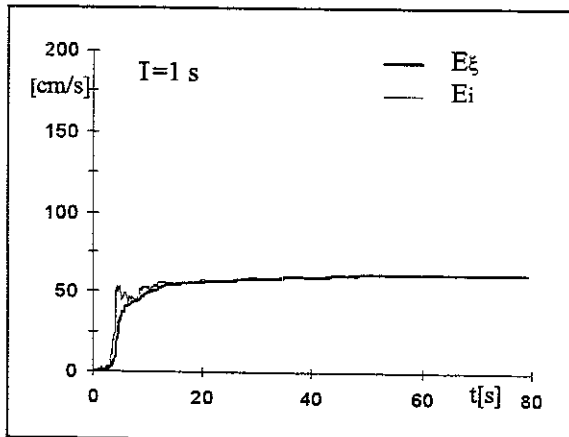
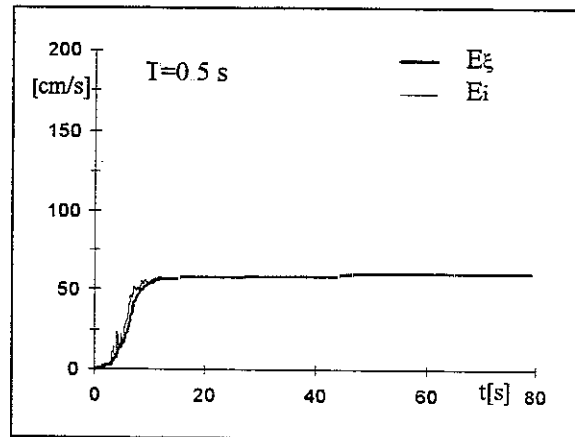
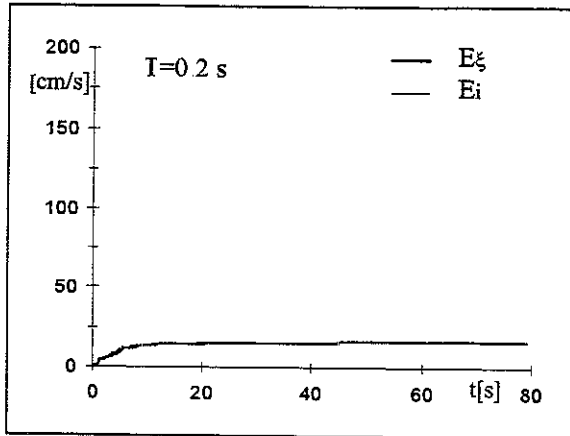
m621 ew - smorzamento 0 - storia temporale delle energie



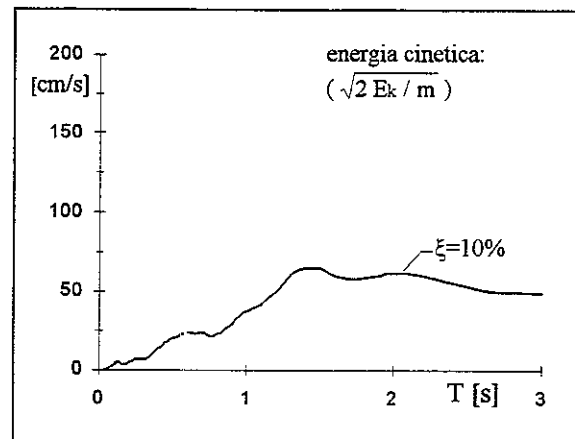
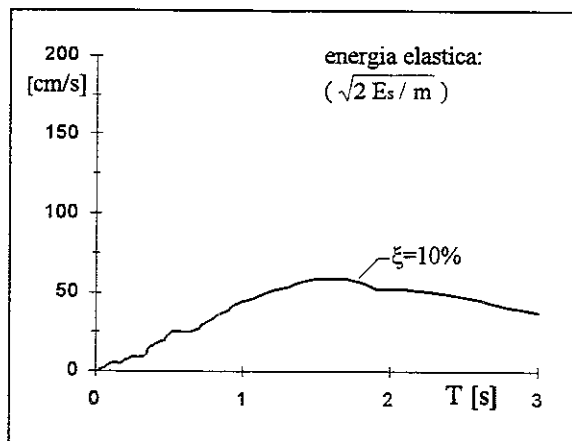
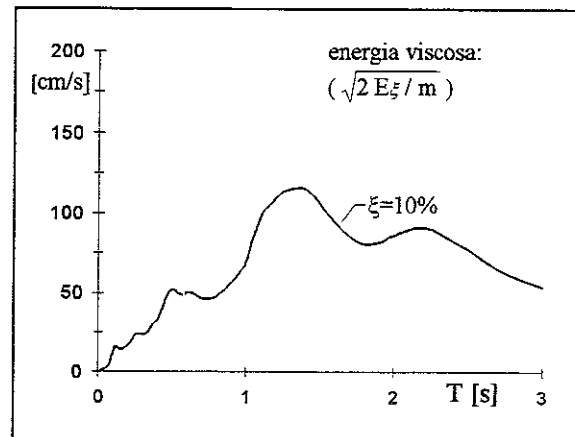
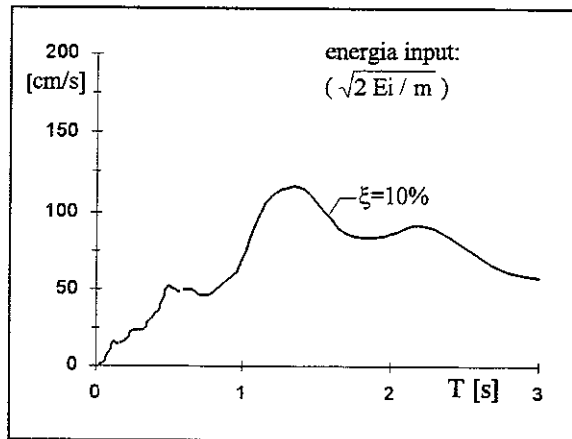
m621 ew - smorzamento 5% - energie



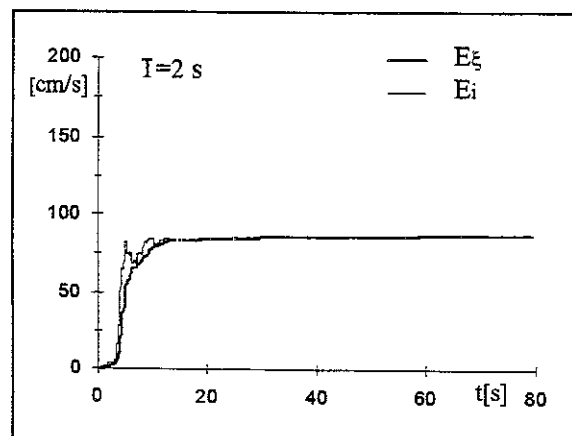
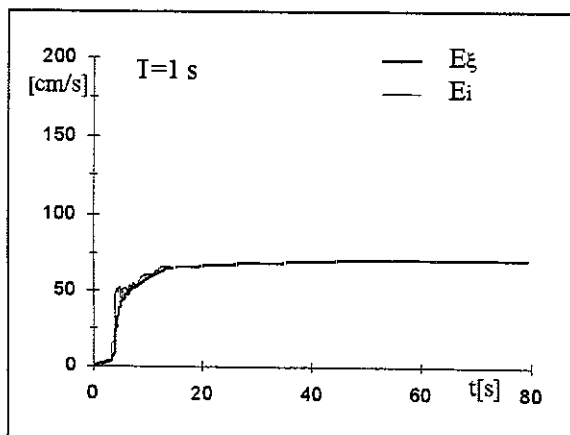
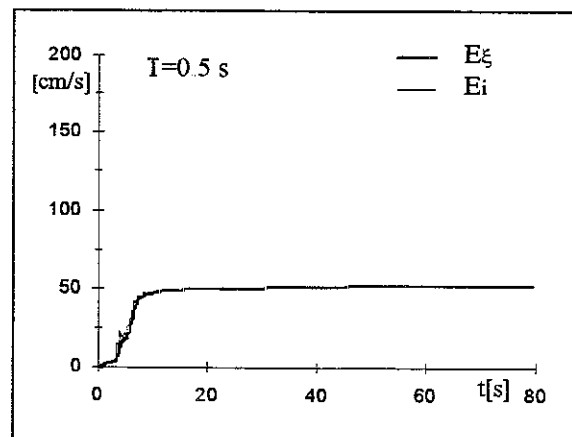
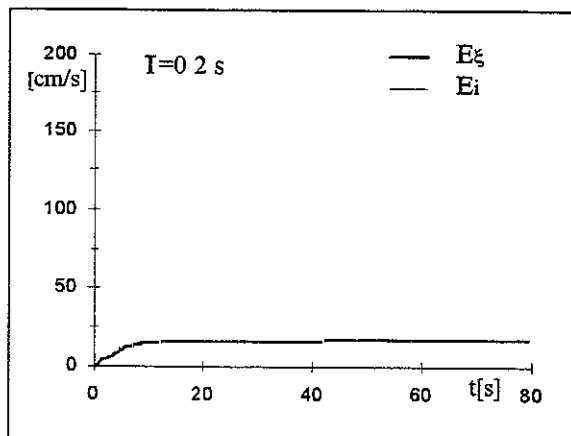
m621 ew- smorzamento 5% - storia temporale delle energie



m621 ew - smorzamento 10% - energia



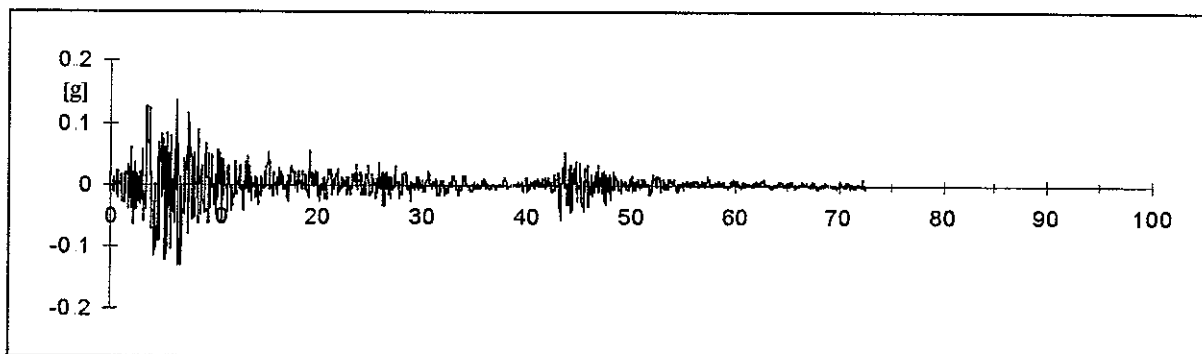
m621 ew - smorzamento 10% - storia temporale delle energie



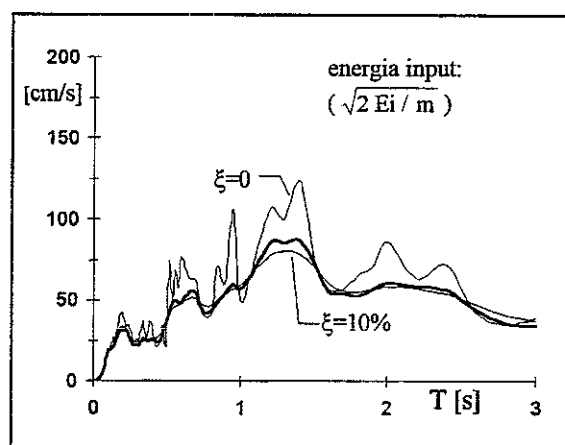
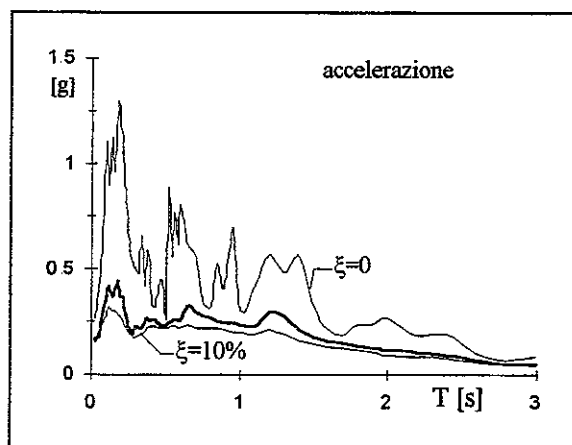
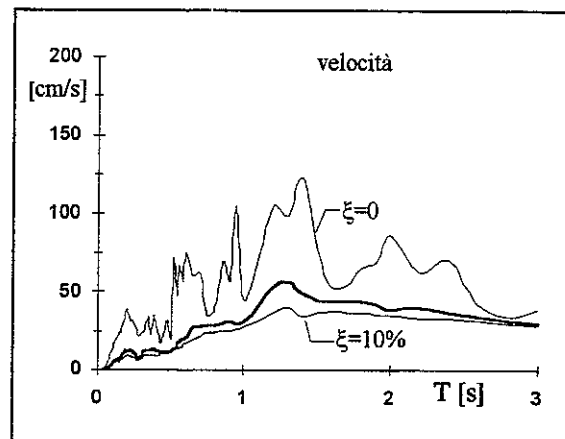
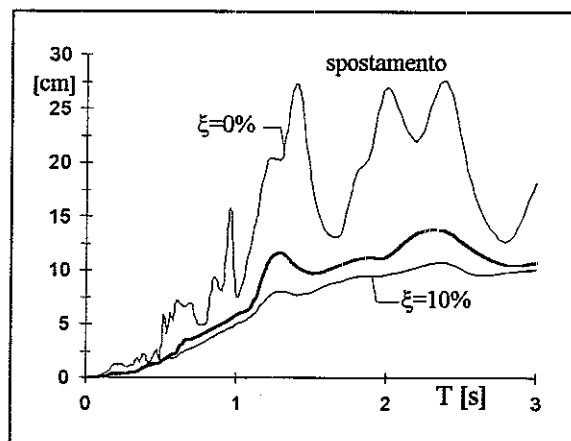
00621 TERREMOTO CAMPANO LUCANO - BAGNOLI IRPINO 23.11.1980

reg.	ora	durata [s]	comp	PGA [g]	t(PGA) [s]	smorz	ω [Hz]	file	n.p.	M	dist.ep. [Km]	sito
ENEL	18.34.54	72.600	N.S.	0.1330	6.220	0.544	25.90	M621.NS	6840	6.5	/	/

m621.ns - accelerogramma

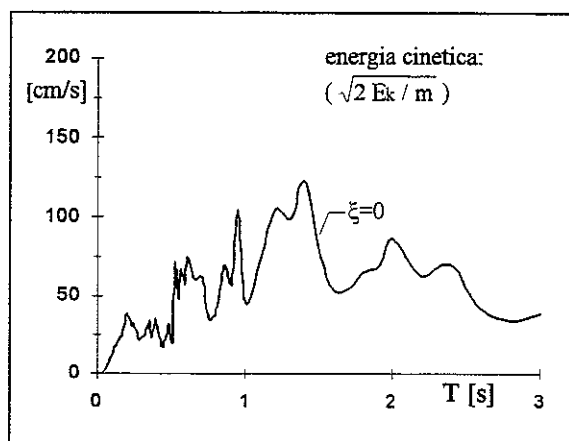
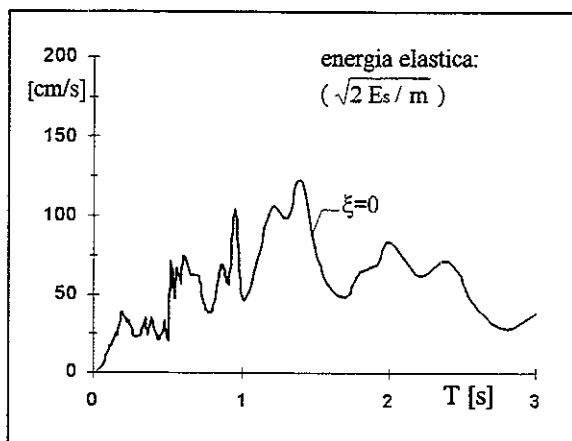
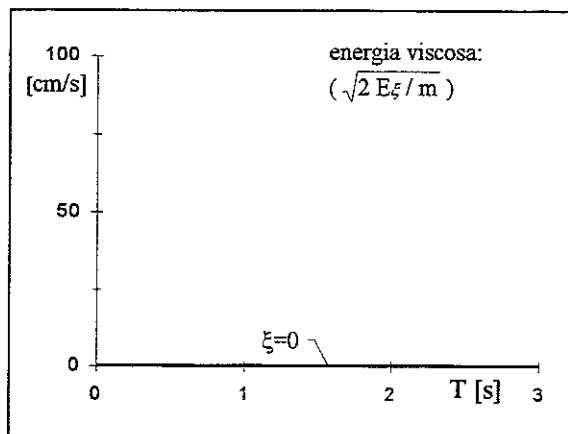
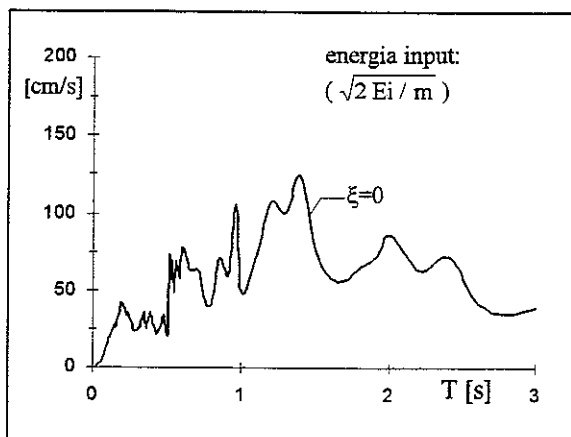


m621 ns - spettri

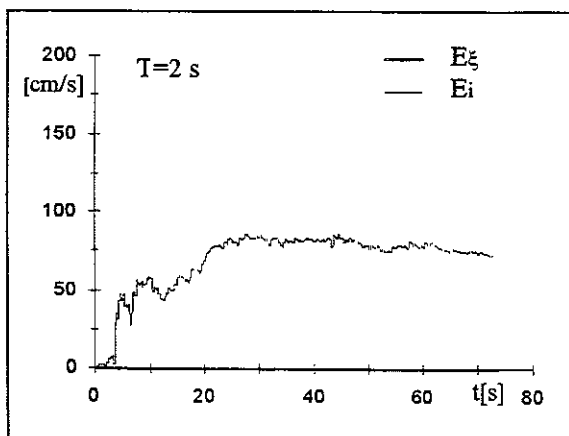
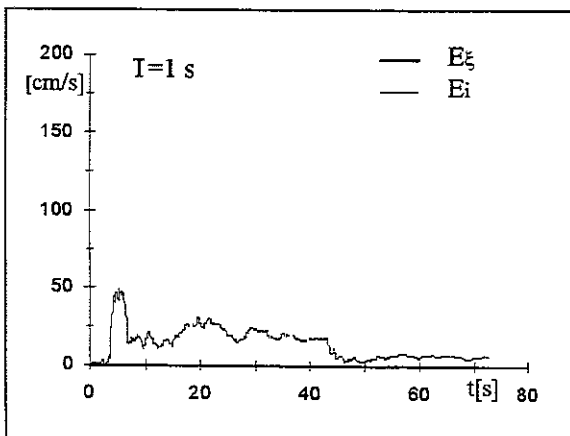
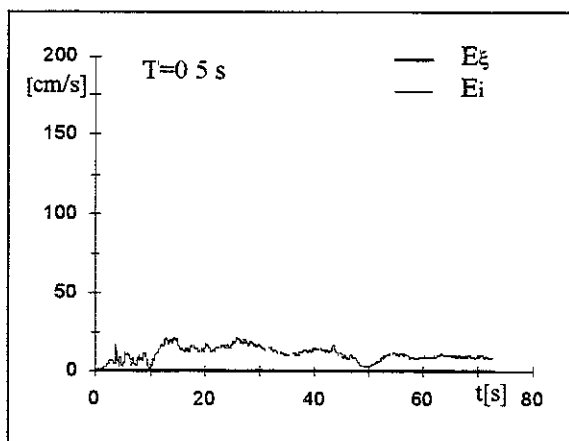
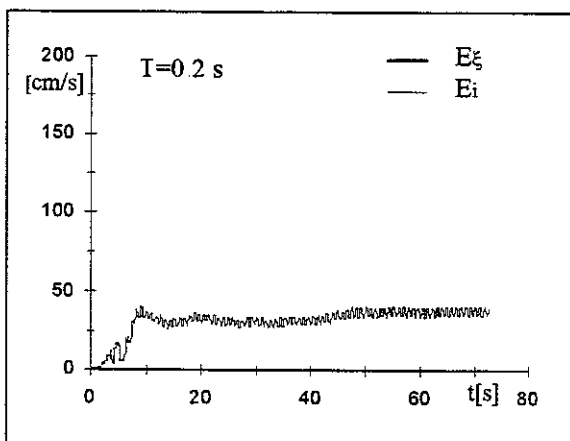


accelerazione/pga						media su intervalli ΔT ($\xi=5\%$)						energia/(pga/ ω)	
0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-0.5	0-3.0
2.052	1.989	1.832	1.070	0.787	0.455	1.364	4.620	10.08	15.77	11.44	12.24	6.660	10.77

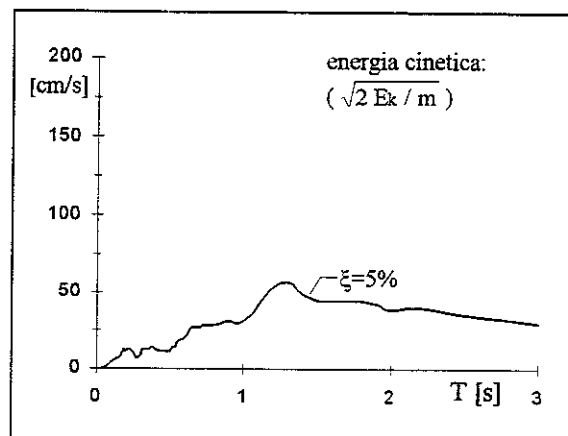
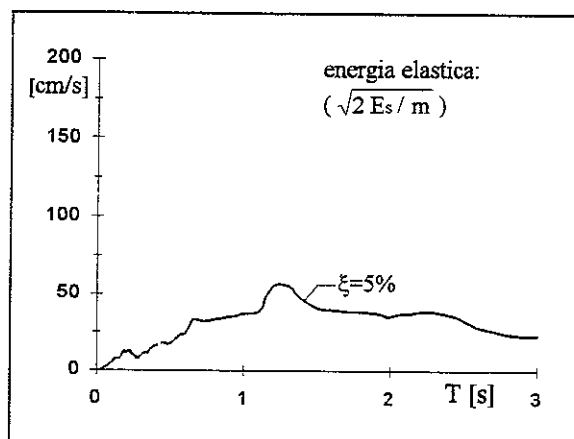
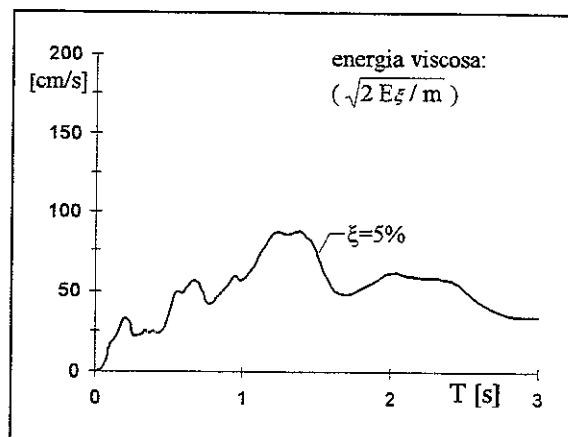
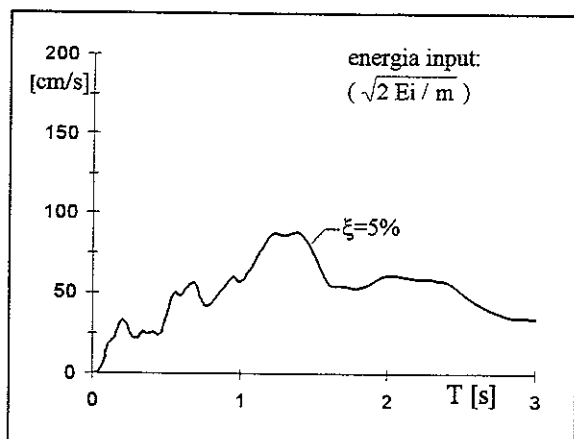
m621 ns - smorzamento 0 - energie



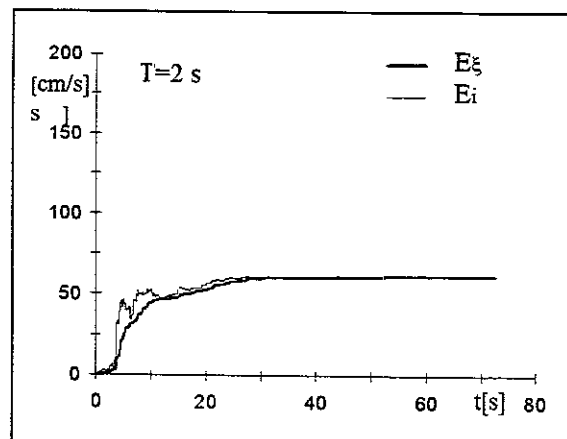
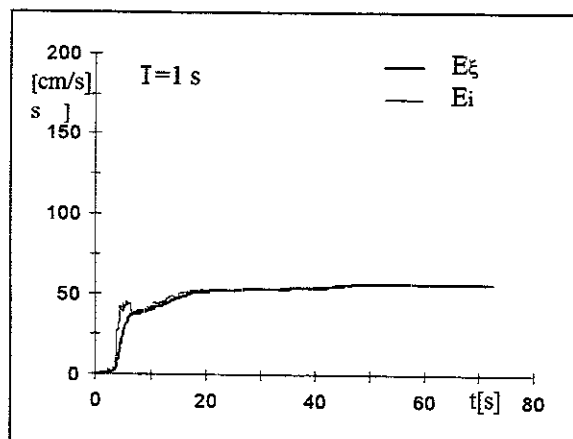
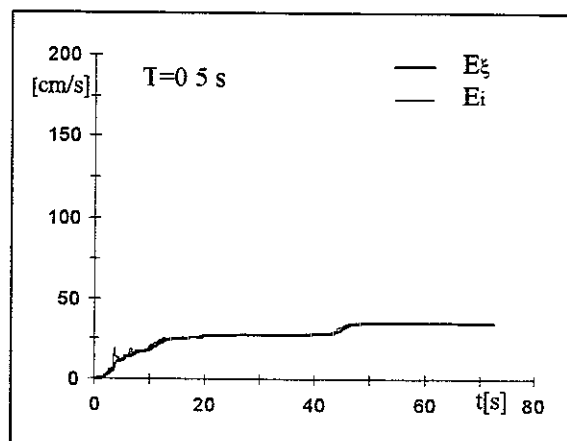
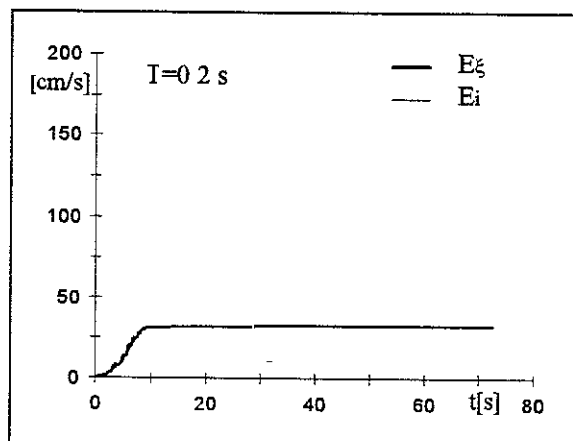
m621 ns - smorzamento 0 - storia temporale delle energie



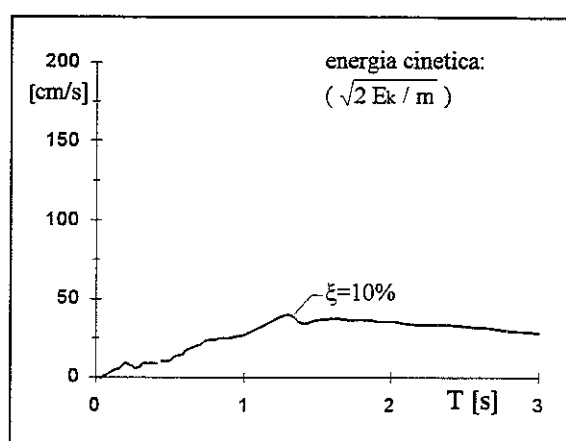
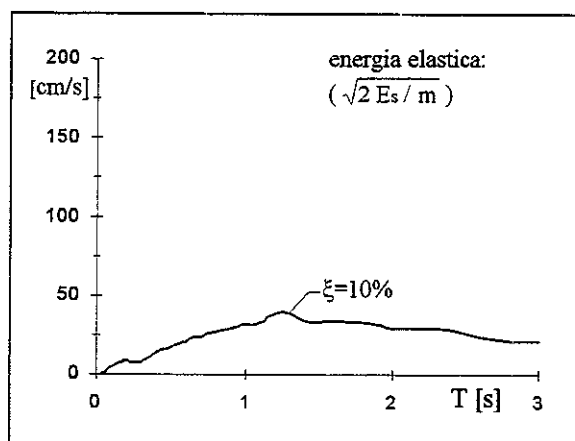
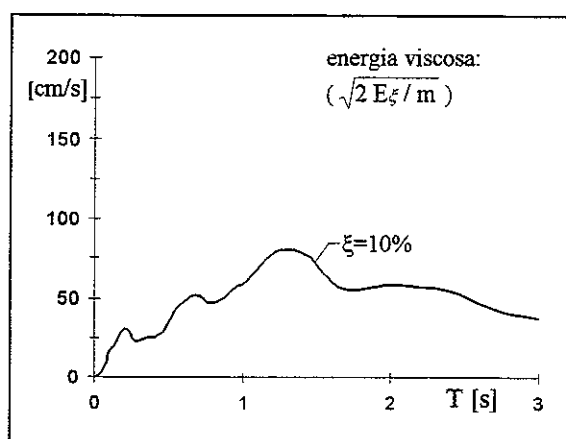
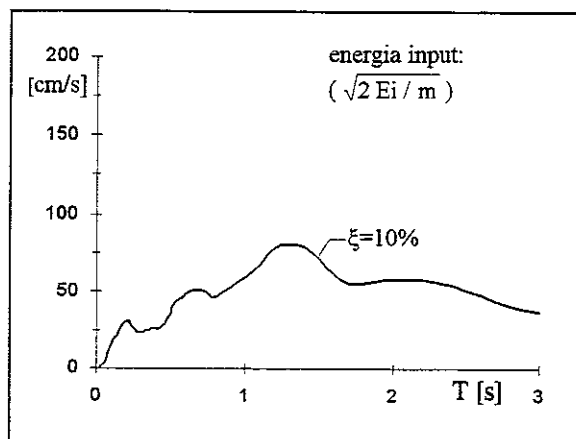
m621 ns - smorzamento 5% - energie



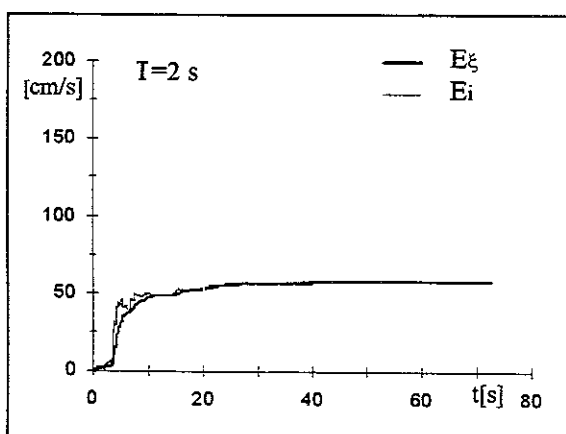
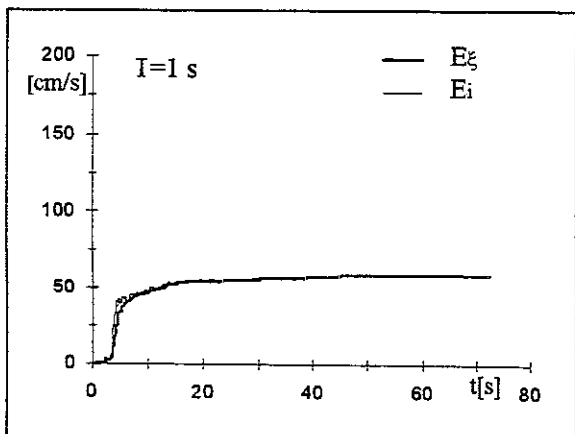
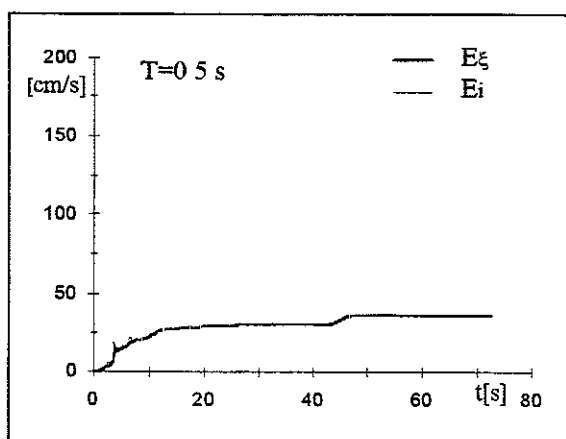
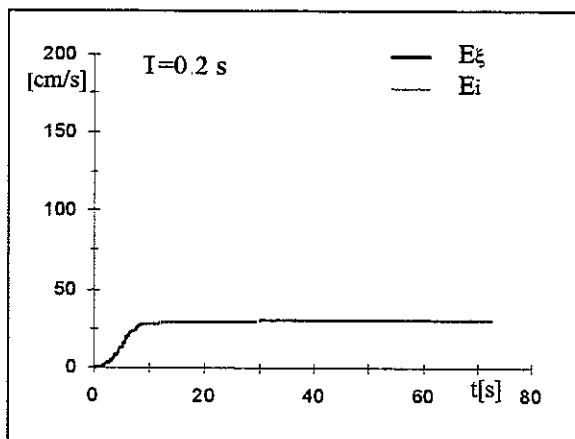
m621 ns - smorzamento 5% - storia temporale delle energie



m621 ns - smorzamento 10% - energie



m621 ns - smorzamento 10% - storia temporale delle energie

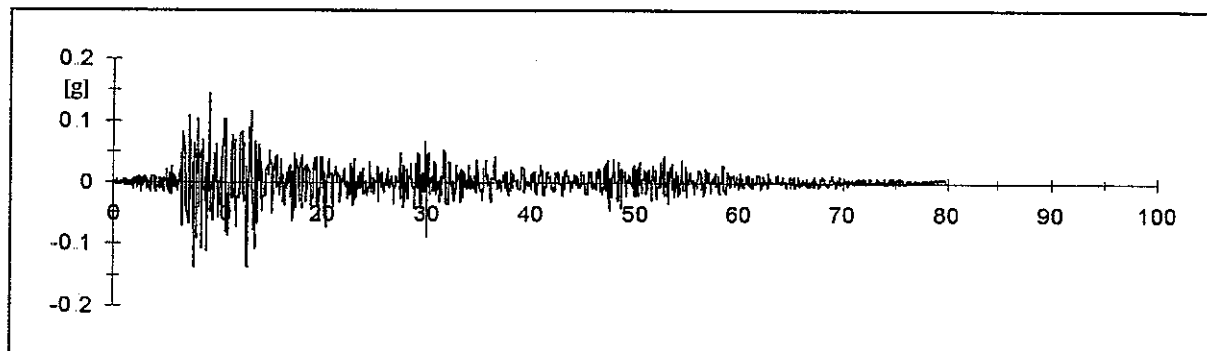


00627 TERREMOTO CAMPANO LUCANO - MERCATO SAN SEVERINO

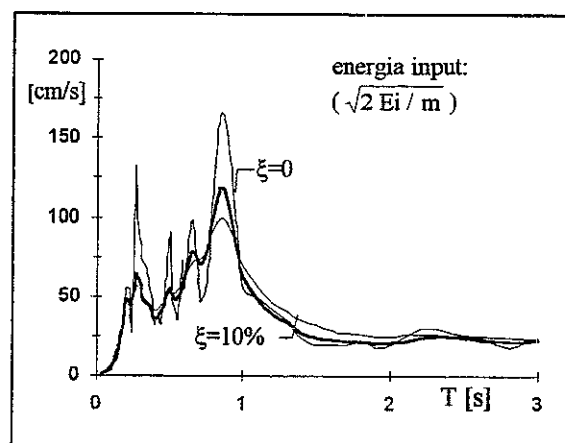
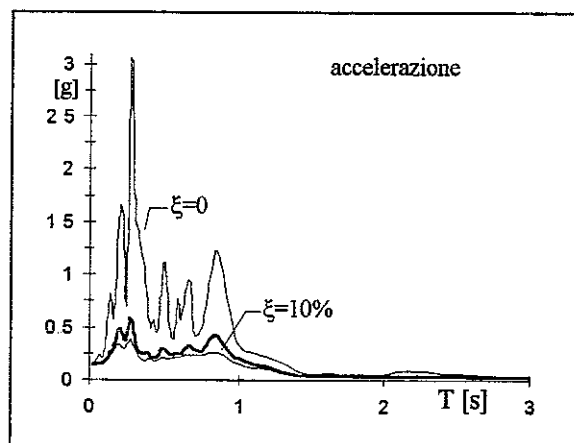
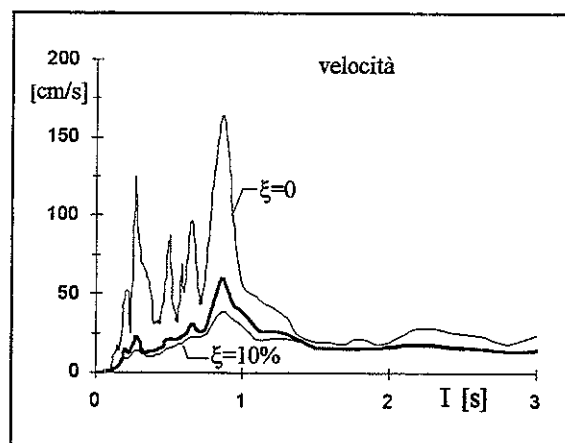
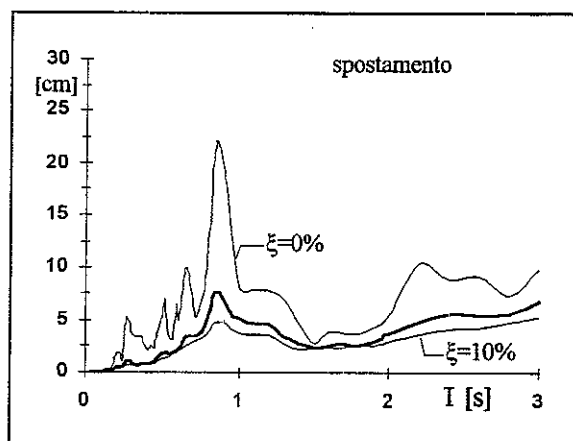
23.11.1980

reg.	ora	durata [s]	comp	PGA [g]	t(PGA) [s]	smorz	ω [Hz]	file	n.p.	M	dist.ep. [Km]	sito
ENEA	18.34.52	79.752	E.W.	0.1398	8.951	0.61	26.32	M200627	27442	6.5	47.9	2/601

m627.ew - accelerogramma

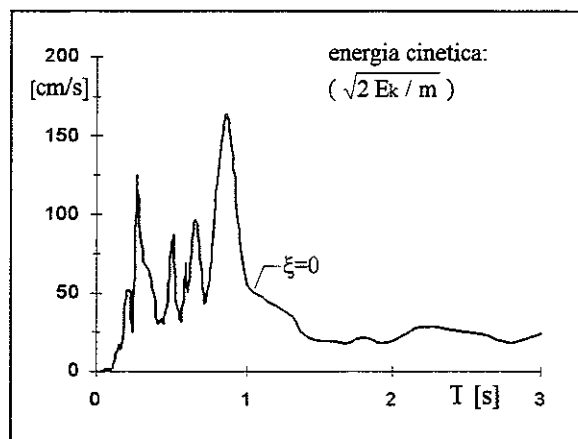
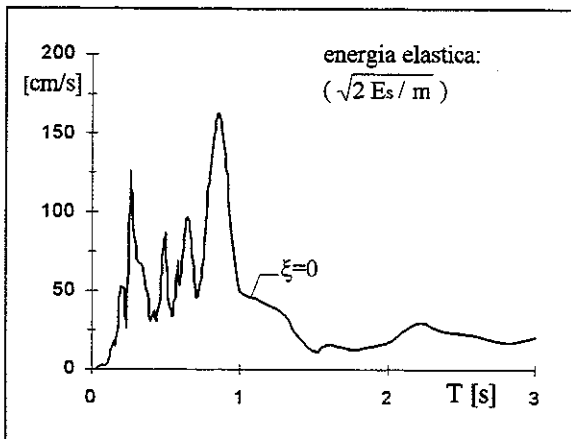
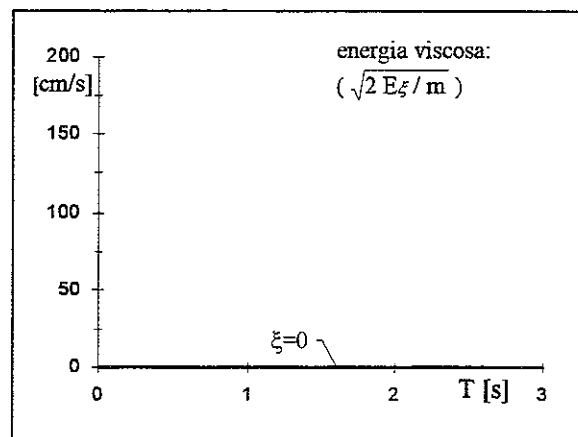
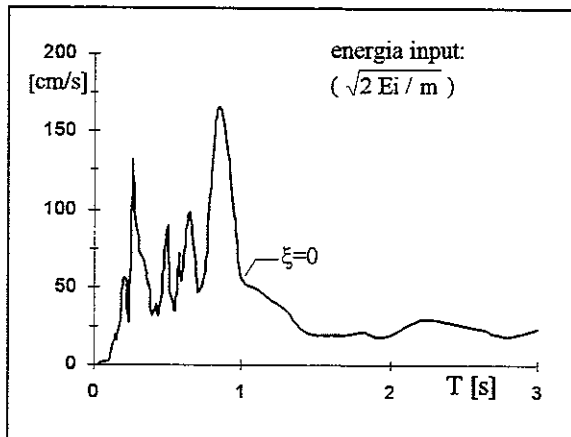


m627 ew - spettri

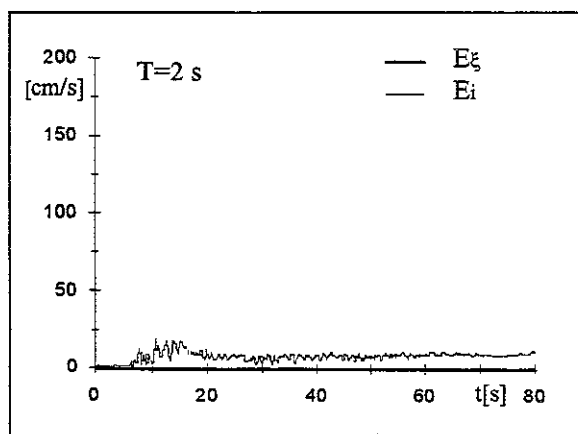
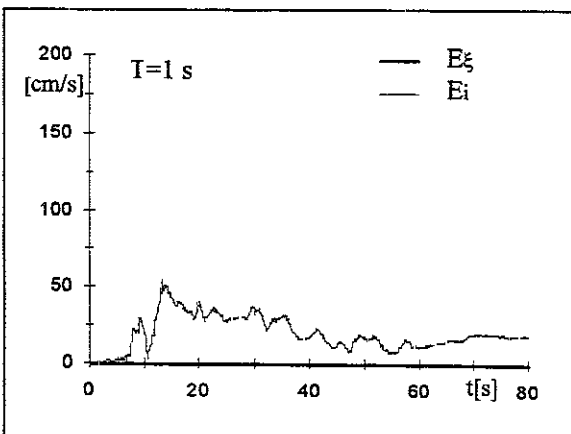
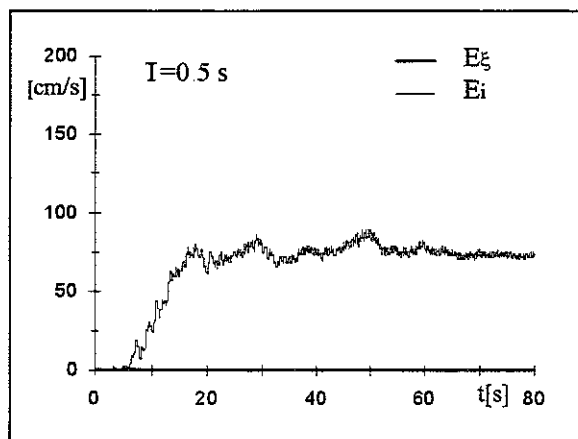
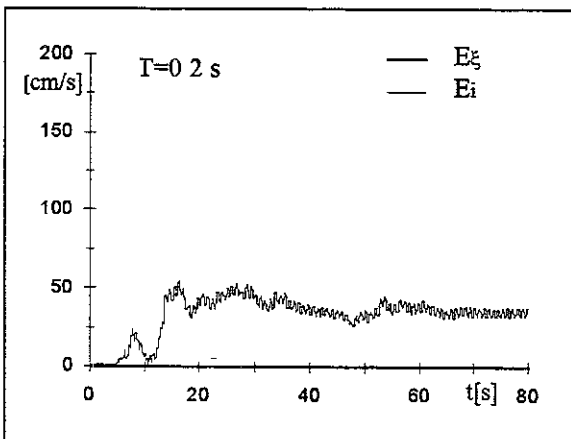


accelerazione/pga							media su intervalli ΔT ($\xi=5\%$)					energia/(pga/ ω)		
0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	
2.053	2.161	0.771	0.264	0.277	0.222	0.958	7.453	15.81	7.649	4.084	4.975	3.774	8.346	

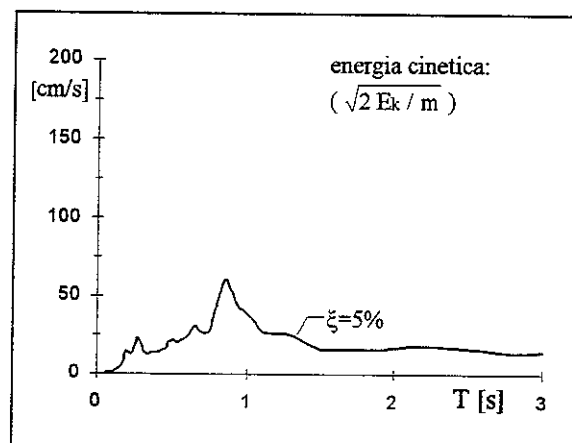
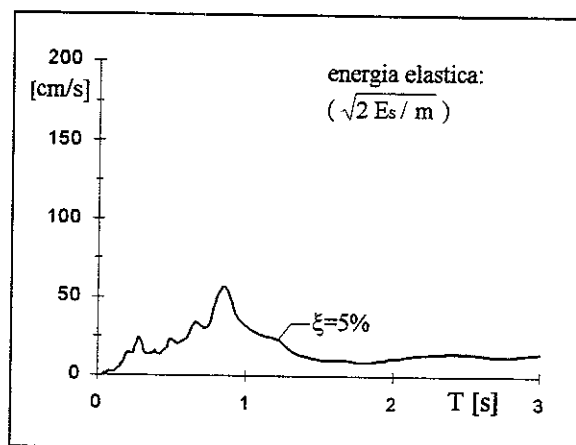
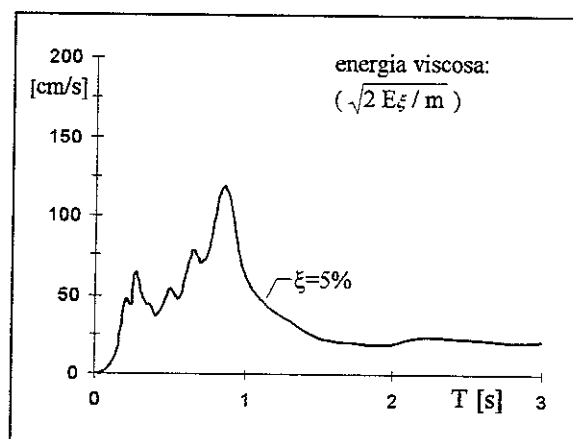
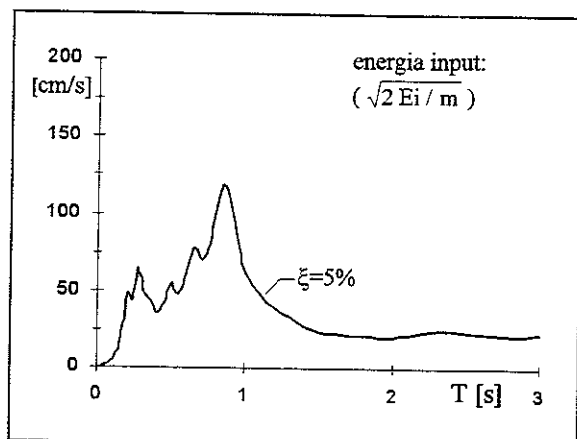
m627 ew - smorzamento 0 - energie



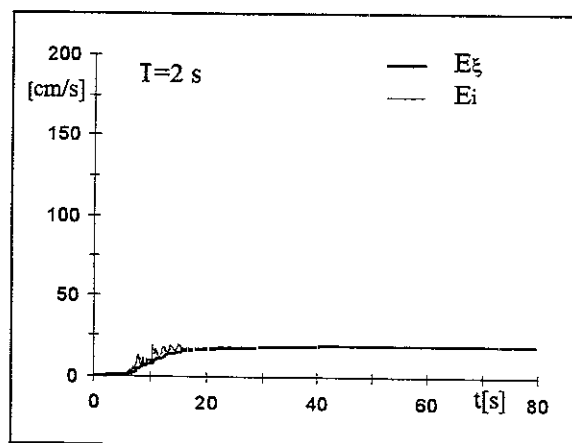
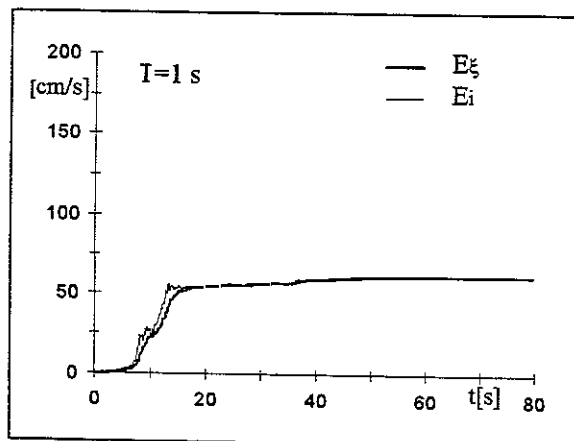
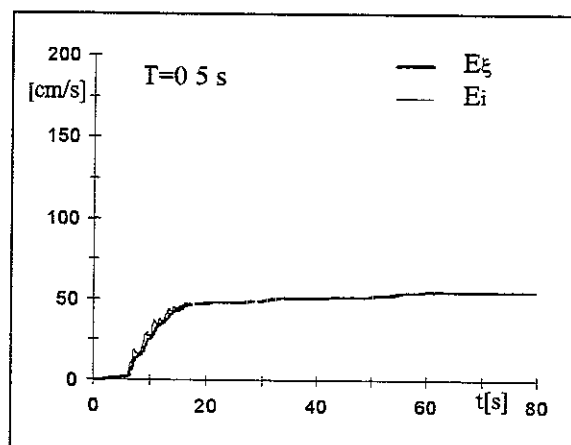
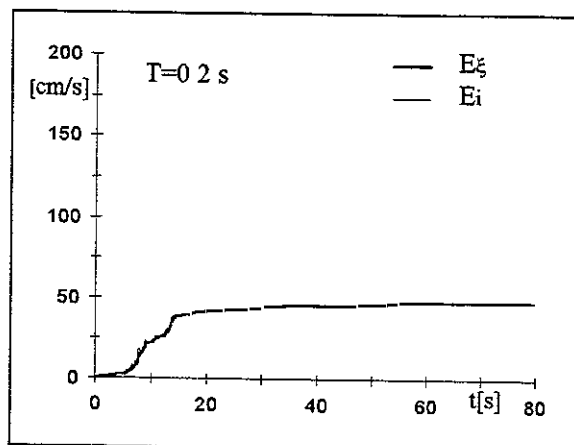
m627 ew - smorzamento 0 - storia temporale delle energie



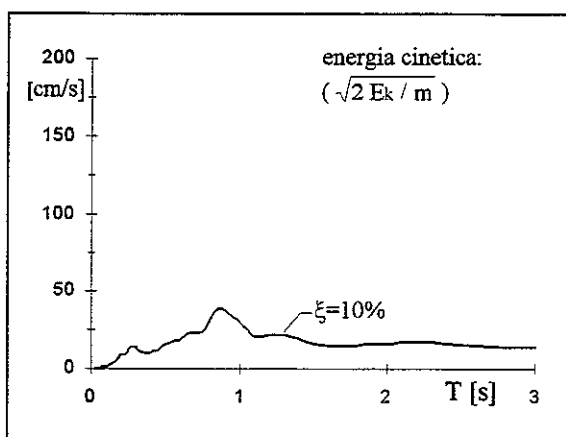
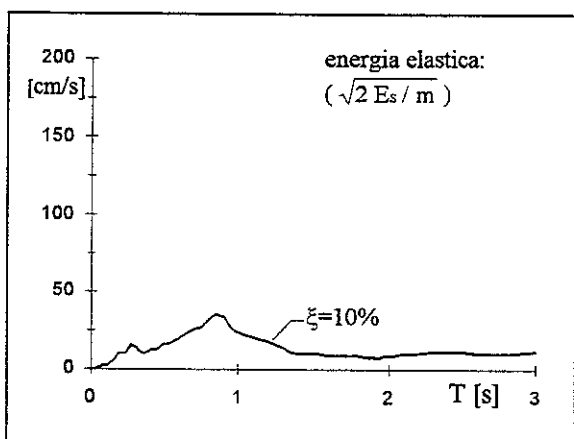
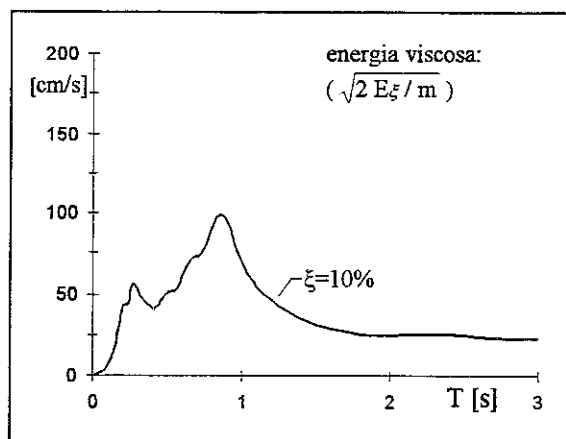
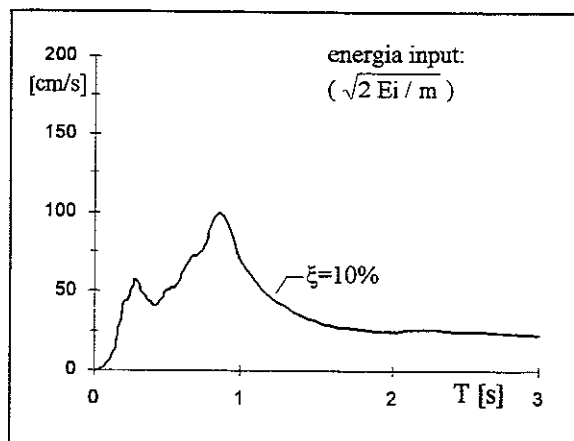
m627 ew - smorzamento 5% - energie



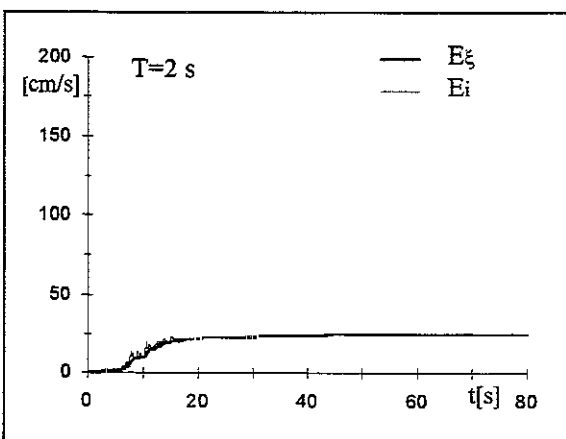
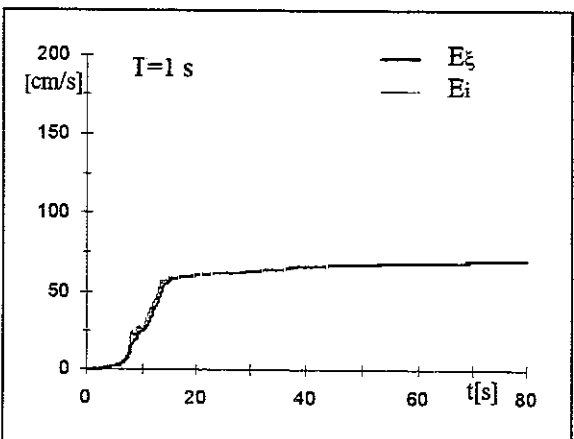
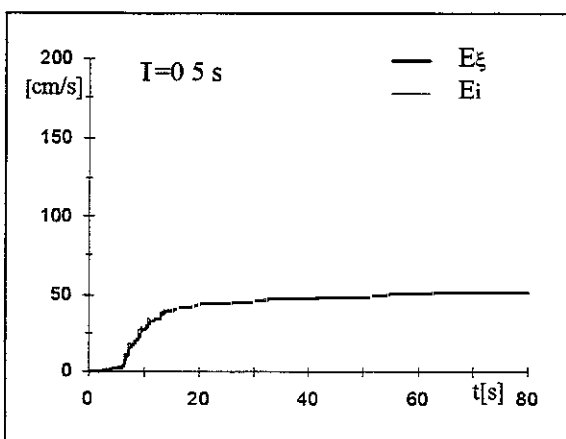
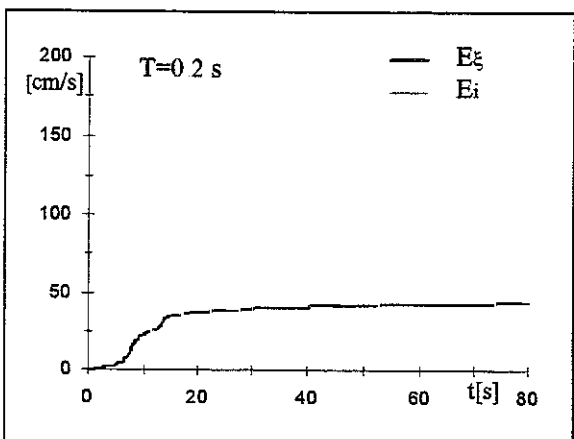
m627 ew - smorzamento 5% - storia temporale delle energie



m627 ew - smorzamento 10% - energie



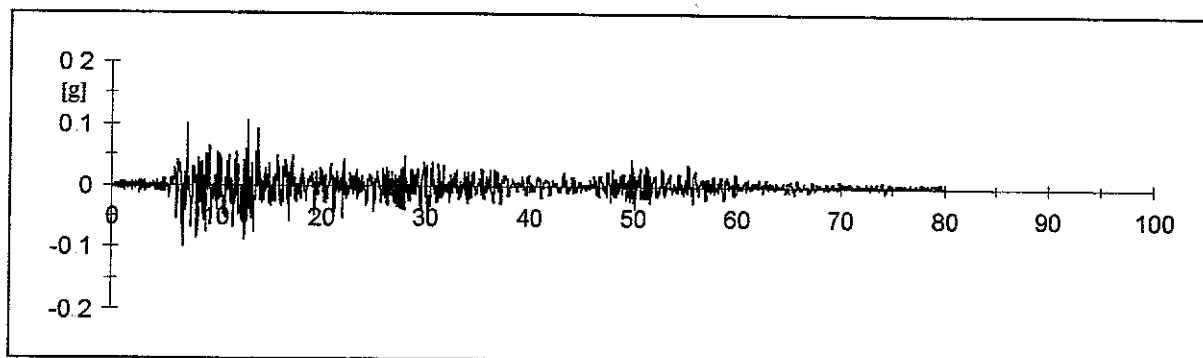
m627 ew - smorzamento 10% - storia temporale delle energie



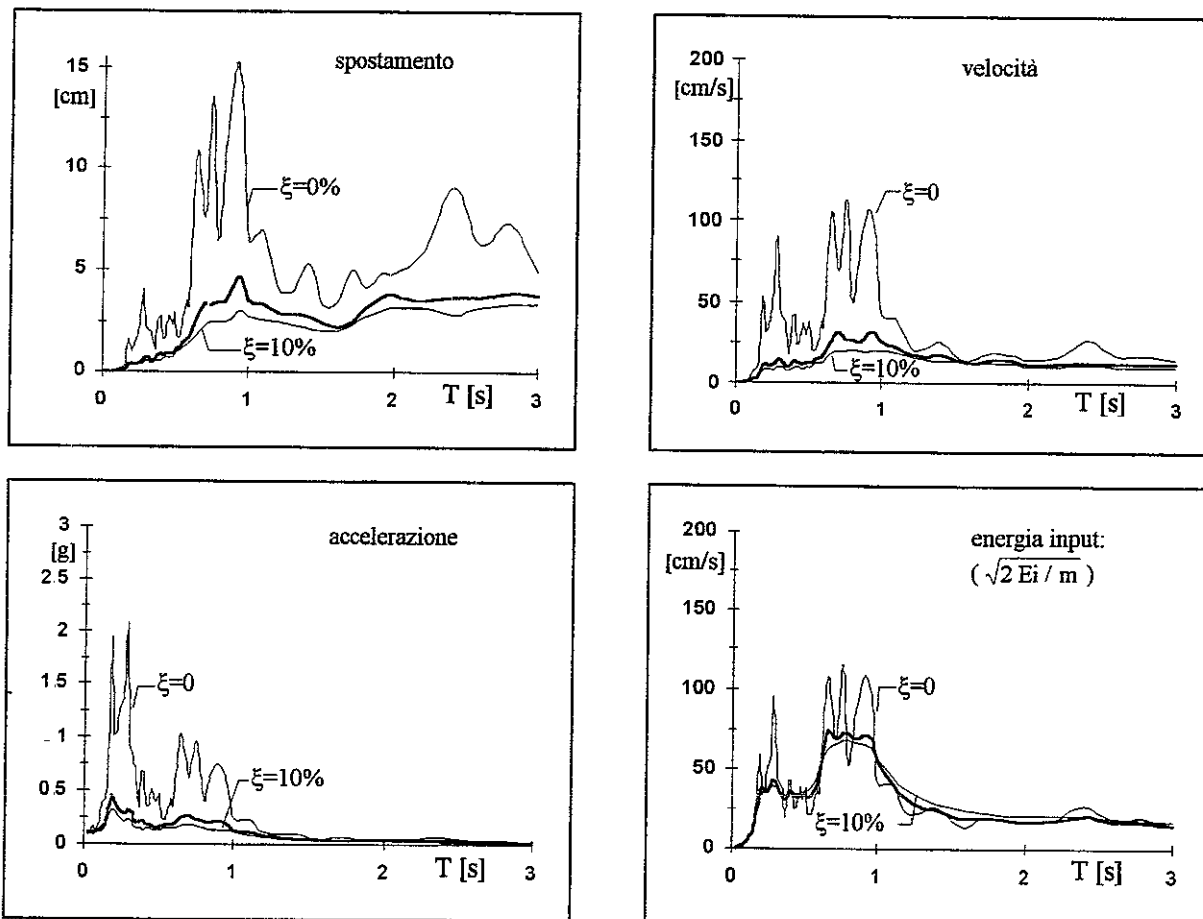
00627 TERREMOTO CAMPANO LUCANO - MERCATO SAN SEVERINO 23.11.1980

reg.	ora	durata [s]	comp	PGA [g]	t(PGA) [s]	smorz	ω [Hz]	file	n.p.	M	dist.ep. [Km]	sito
ENEA	18.34.52	79.787	N.S.	0.1043	13.119	0.637	27.03	M200627	27454	6.5	47.9	2/601

m627 ns - accelerogramma

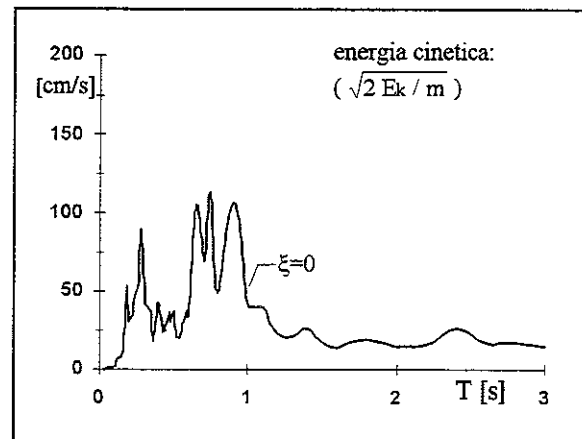
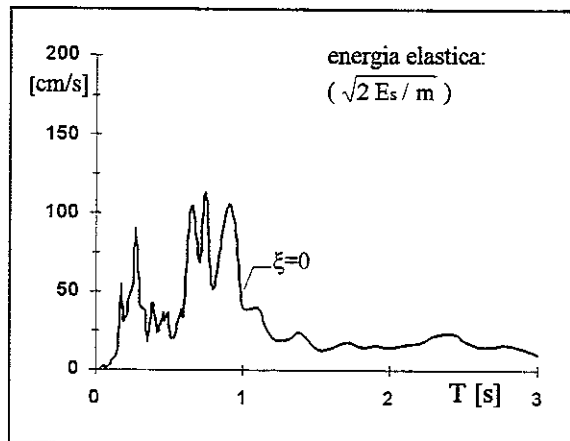
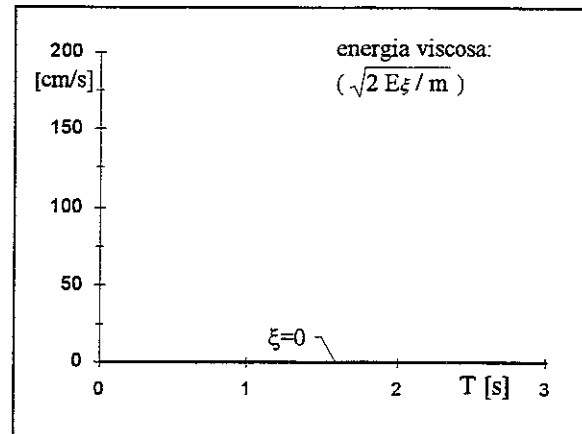
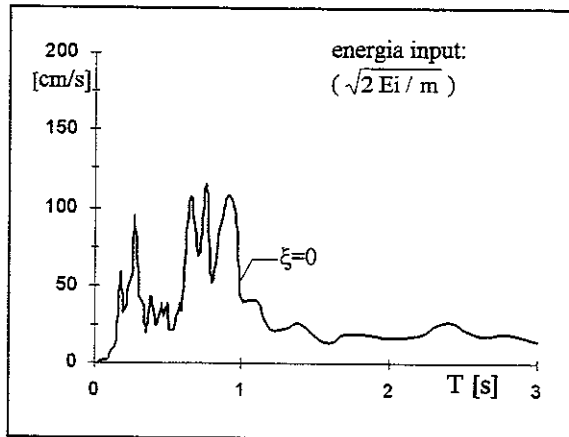


m627 ns - spettri

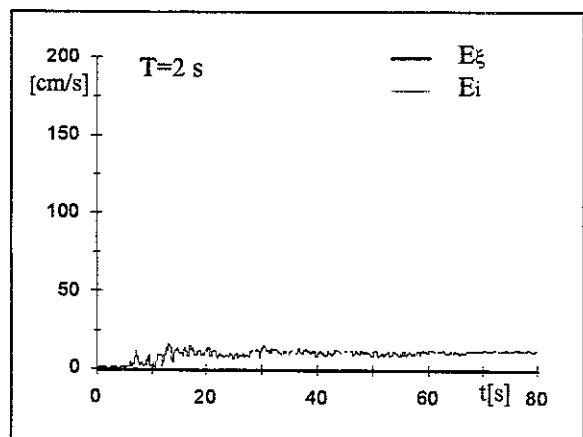
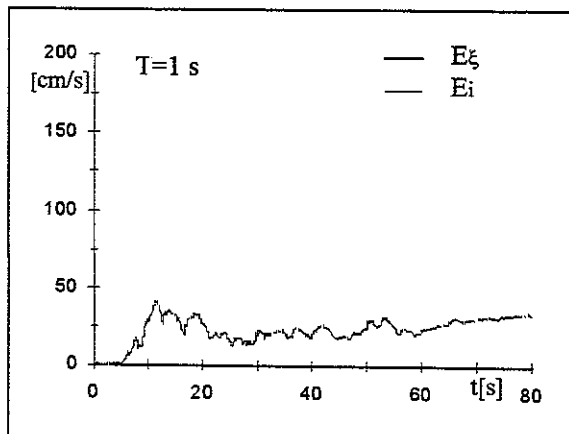
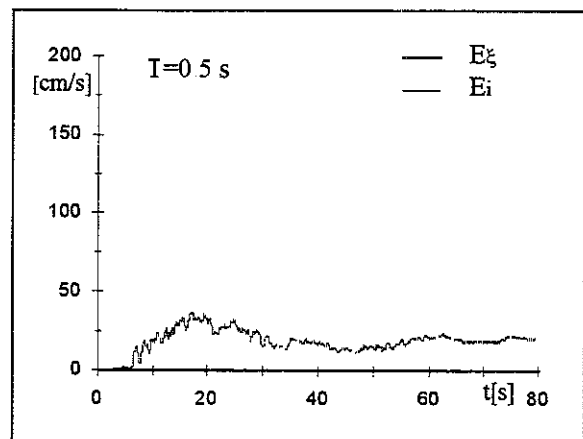
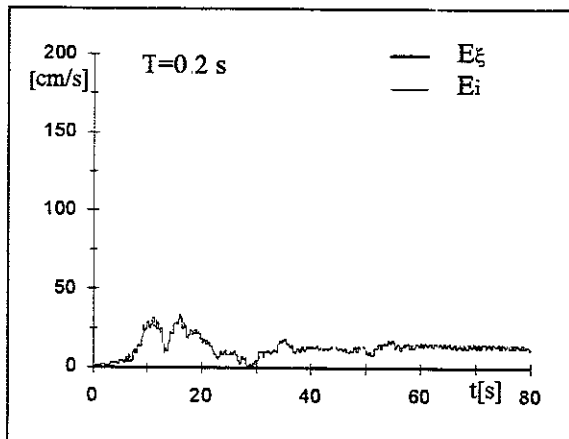


accelerazione/pga							media su intervalli ΔT ($\xi=5\%$)							energia/(pga/ ω)		
0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5
2.111	2.011	0.784	0.362	0.284	0.195	0.958	0.951	16.79	8.874	5.003	5.421	3.835	9.026			

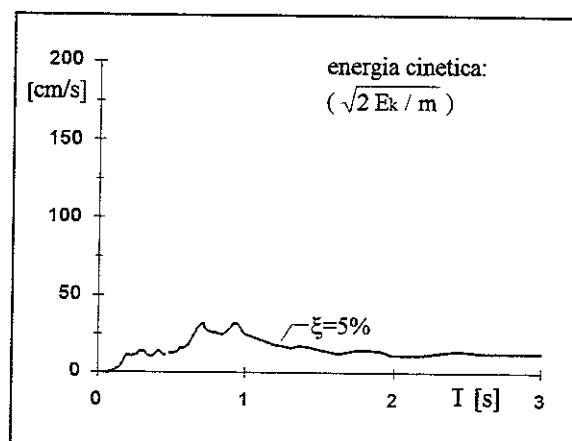
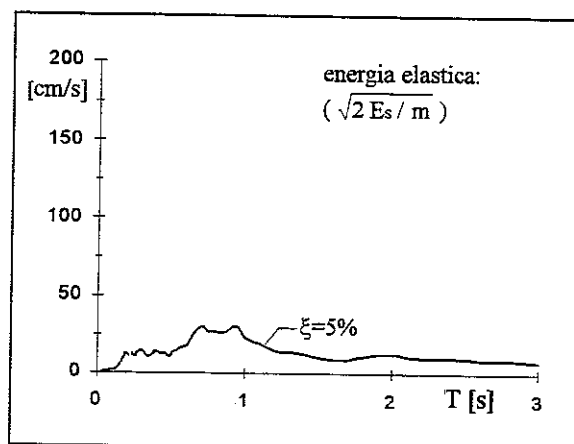
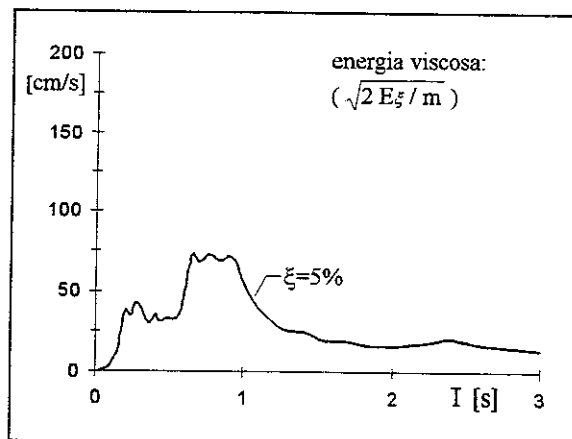
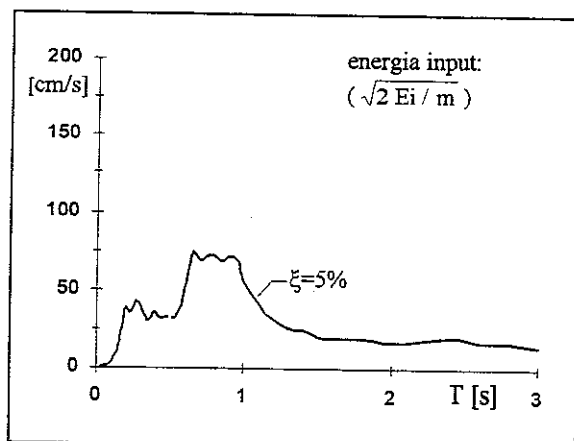
m627 ns - smorzamento 0 - energie



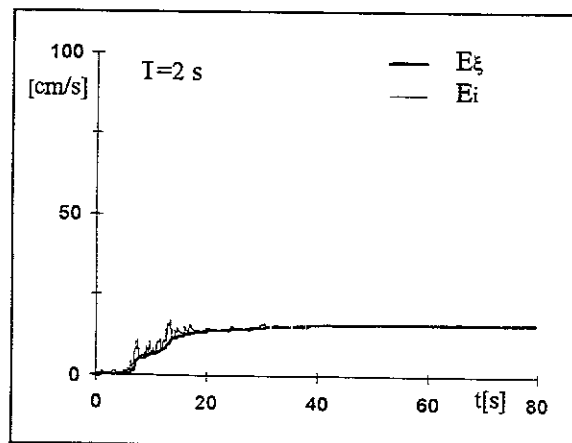
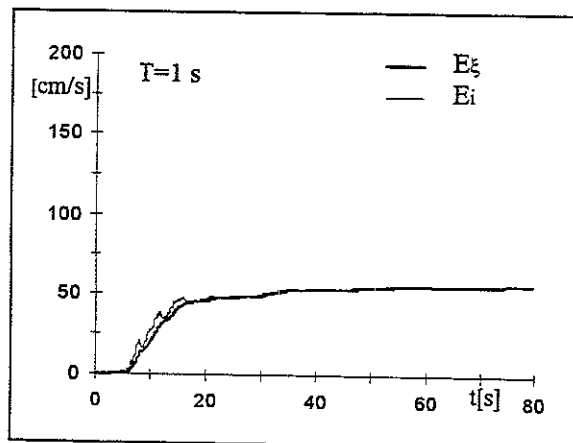
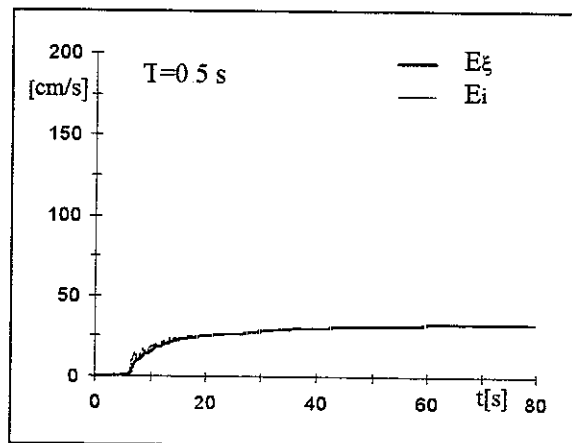
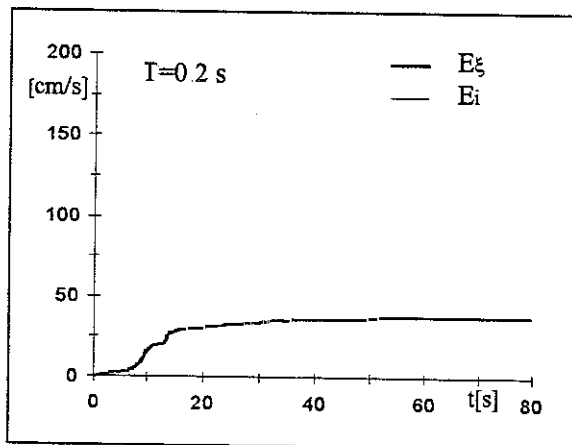
m627 ns - smorzamento 0 - storia temporale delle energie



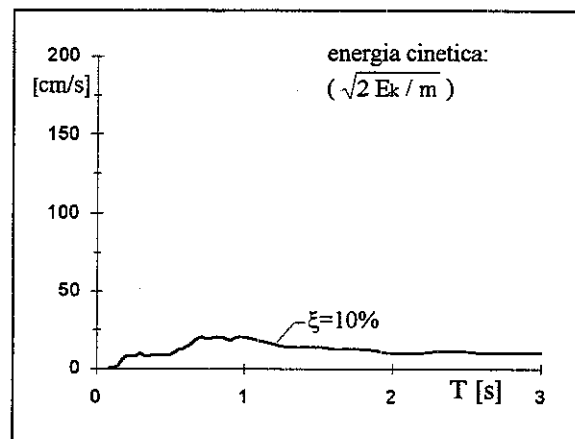
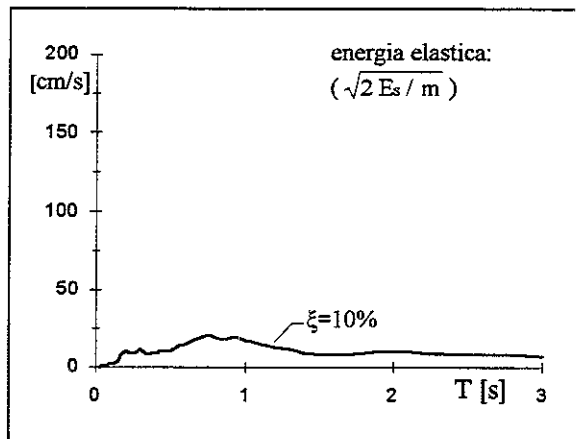
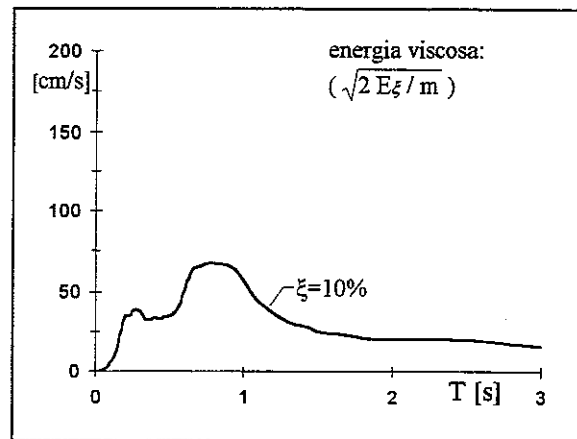
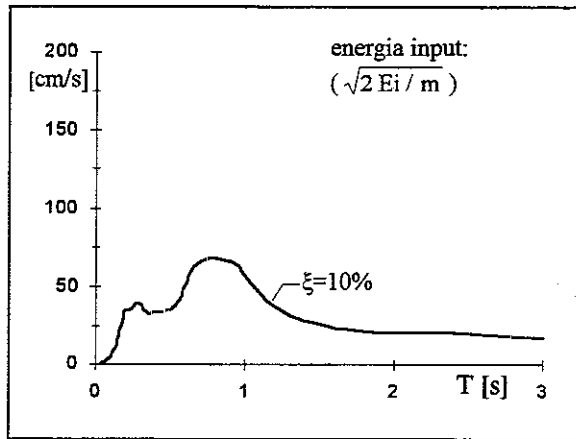
m627 ns - smorzamento 5% - energie



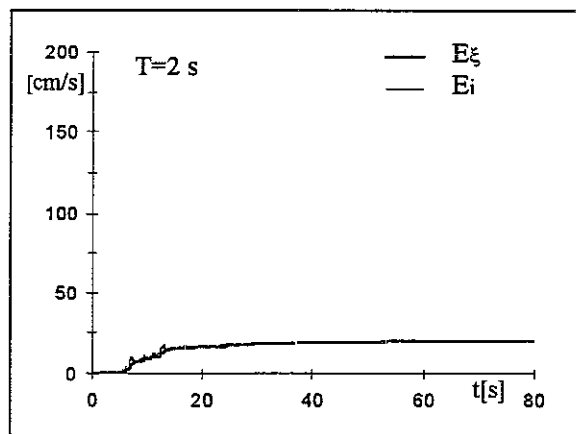
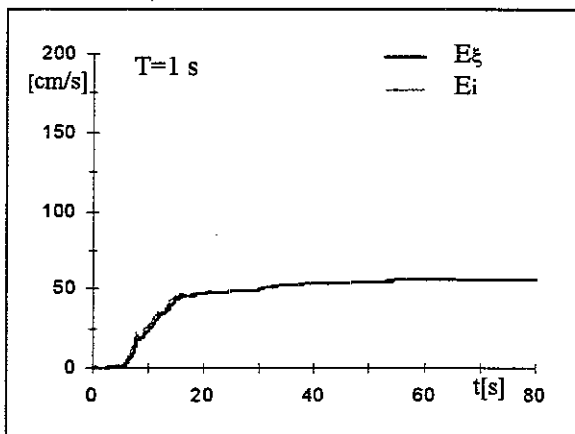
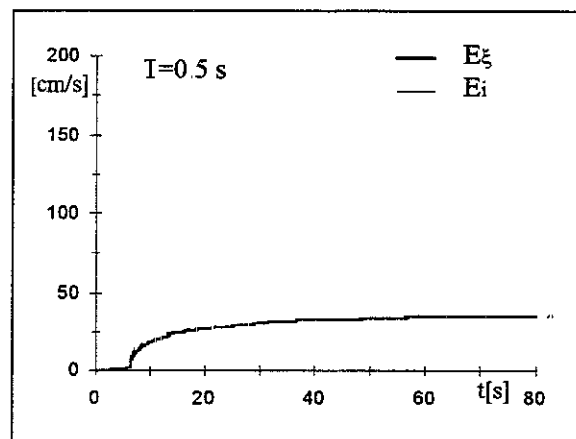
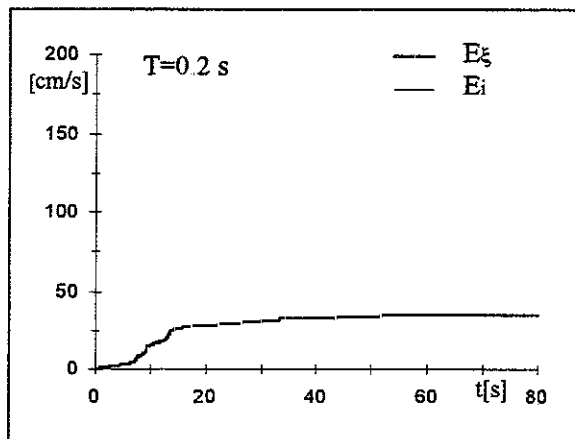
m627 ns - smorzamento 5% - storia temporale delle energie



m627.ns - smorzamento 10% - energie



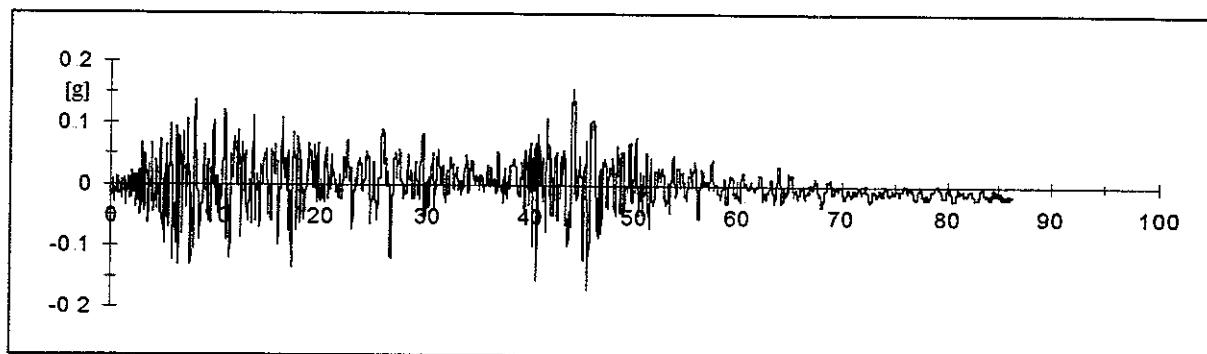
m627.ns - smorzamento 10% - storia temporale delle energie



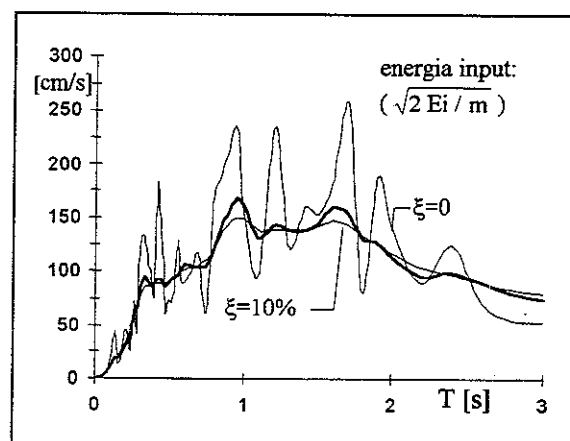
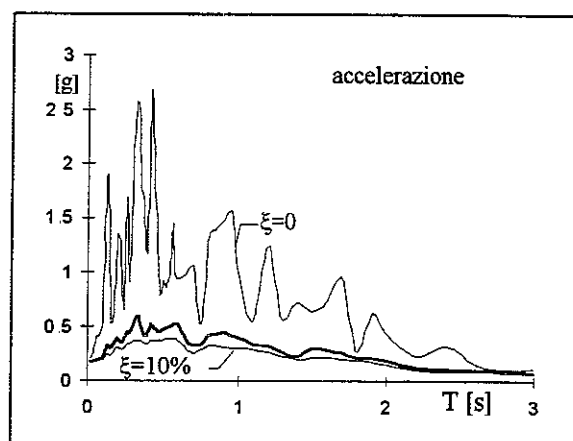
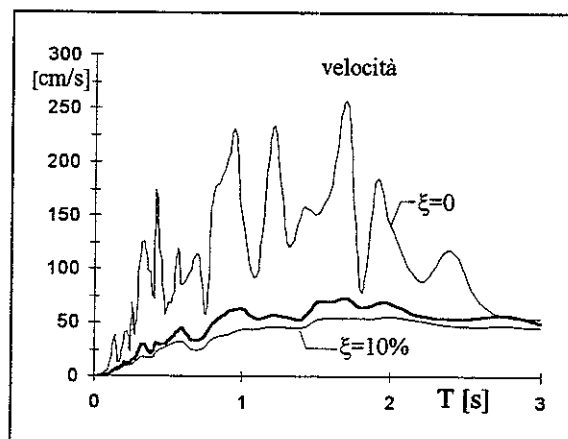
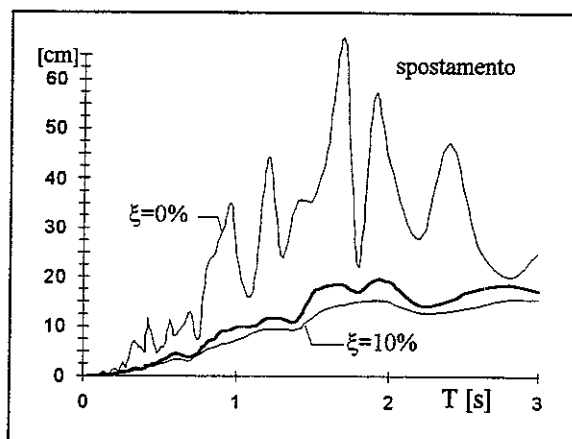
00636 TERREMOTO CAMPANO LUCANO - CALITRI 23.11.1980

reg	ora	durata [s]	comp	PGA [g]	t(PGA) [s]	smorz	ω [Hz]	file	n.p.	M	dist.ep. [Km]	sito
ENEA	18.34.52	70.699	E.W.	0.1698	5.327	0.51	25.00	M200636	29000	6.5	17.8	2/601

m636 ew - accelerogramma

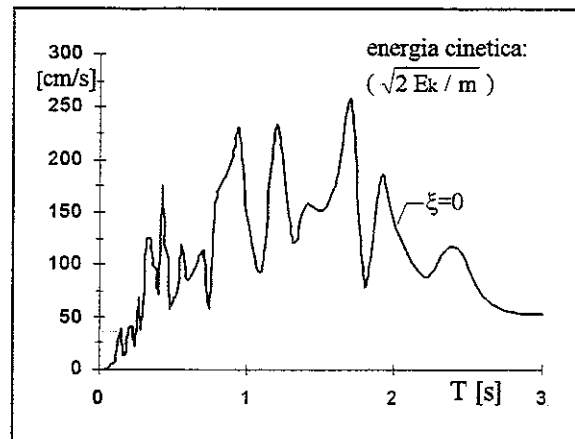
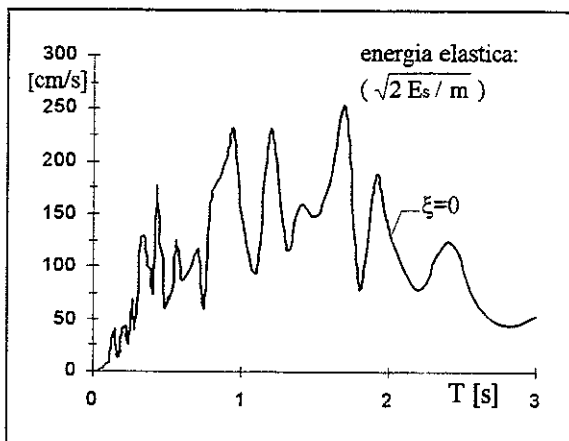
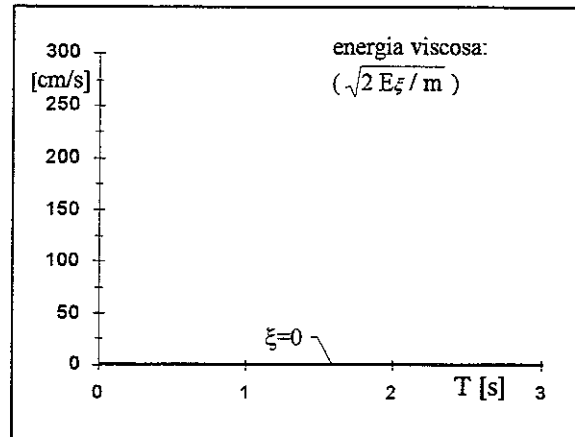
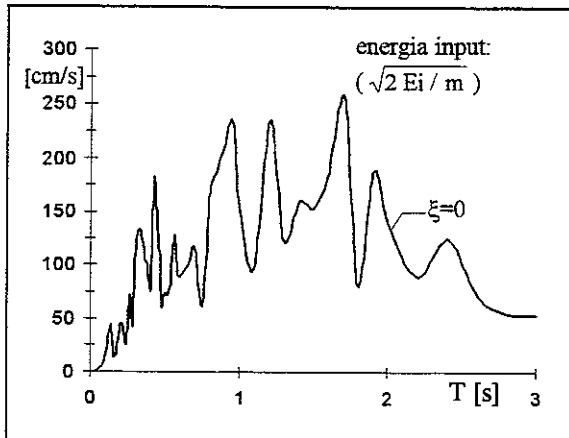


m636 ew - spettri

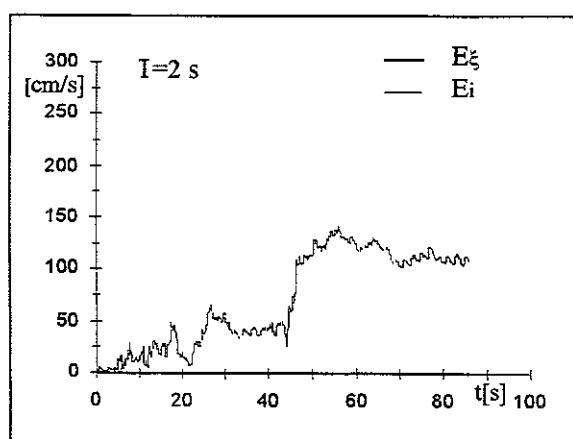
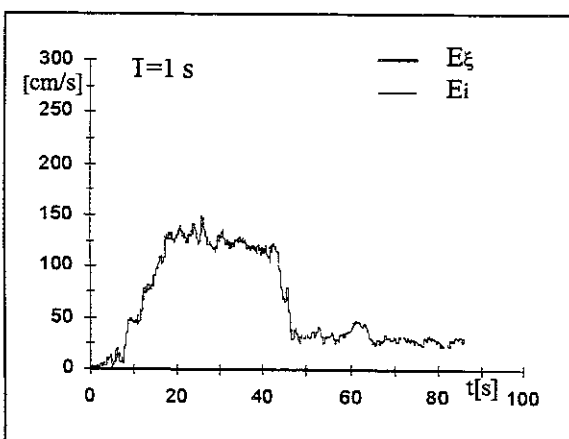
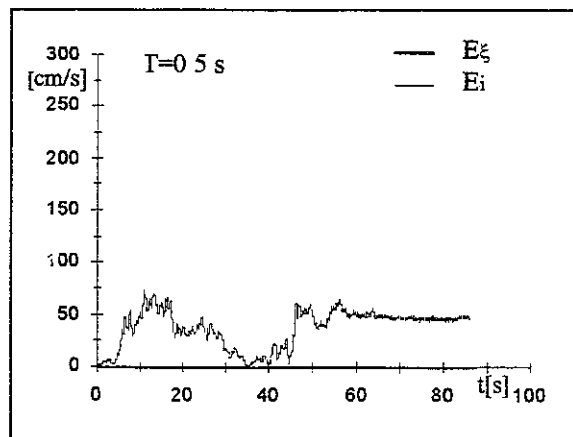
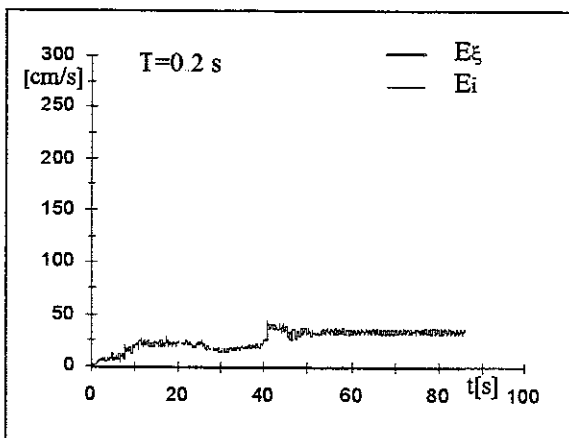


accelerazione/pga							media su intervalli ΔT ($\xi=5\%$)							energia/(pga/ ω)			
0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0
2.236	2.513	1.787	1.435	0.764	0.567	1.550	9.250	18.77	21.15	21.23	16.30	10.96	16.94				

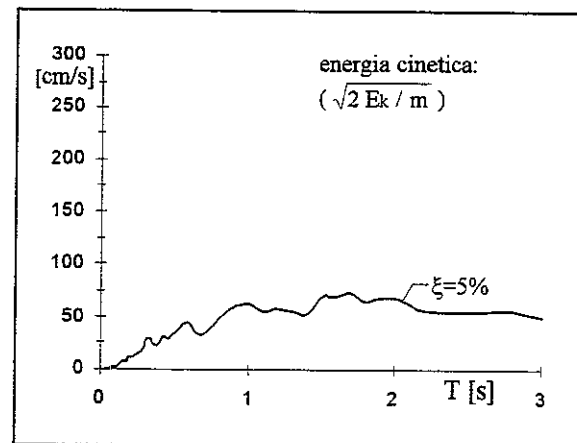
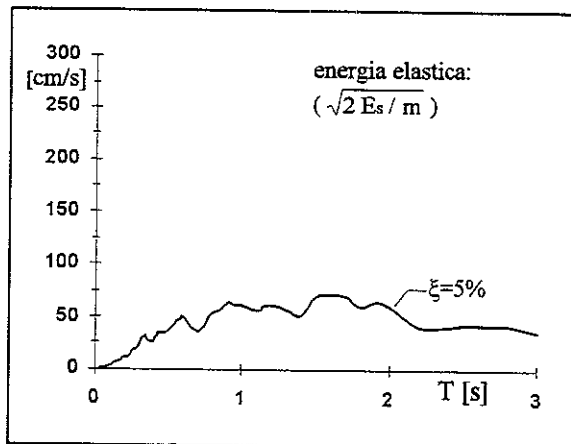
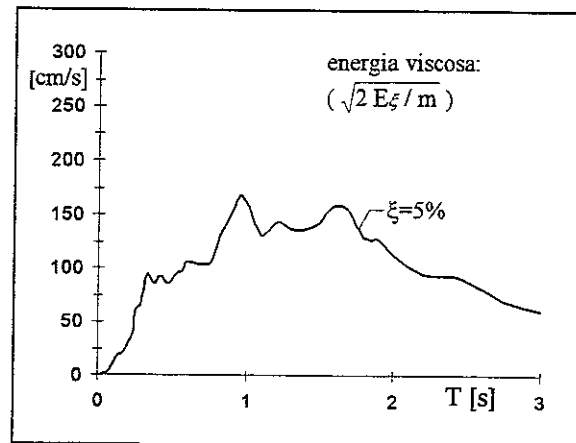
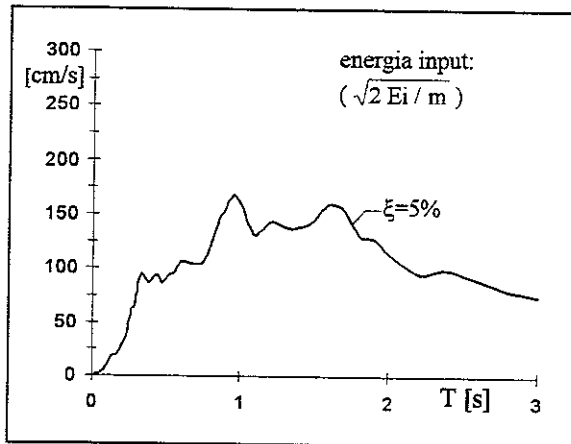
m636. ew - smorzamento 0 - energie



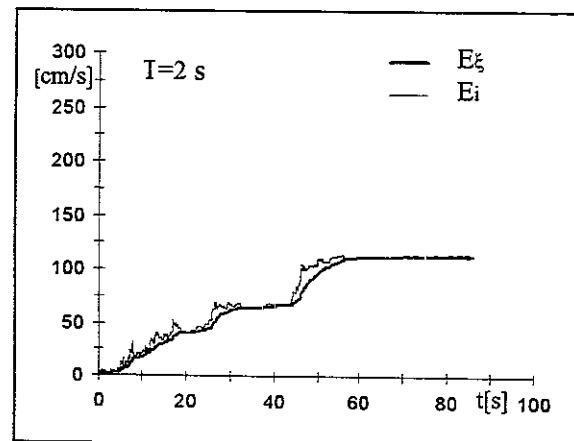
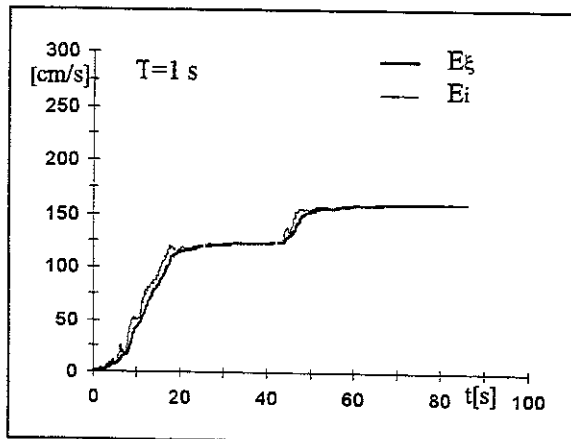
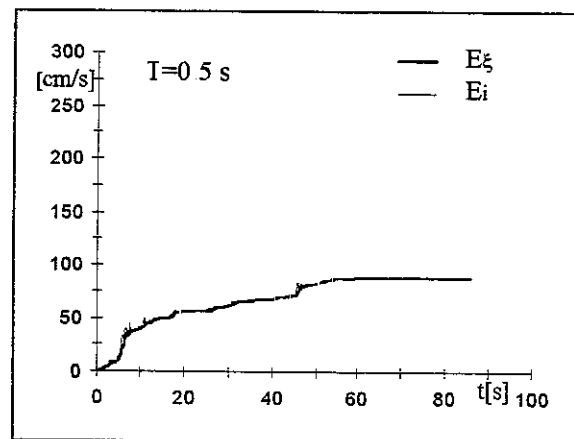
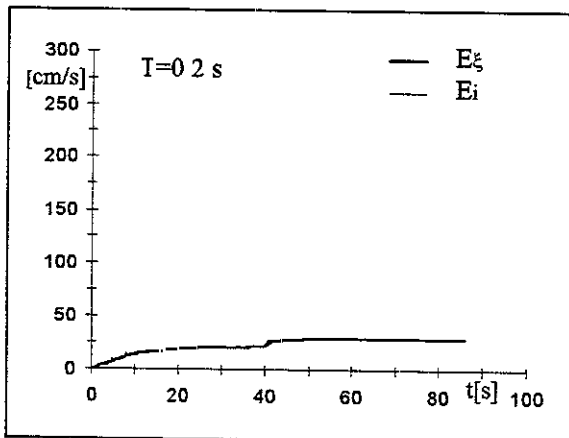
m636 ew - smorzamento 0 - storia temporale delle energie



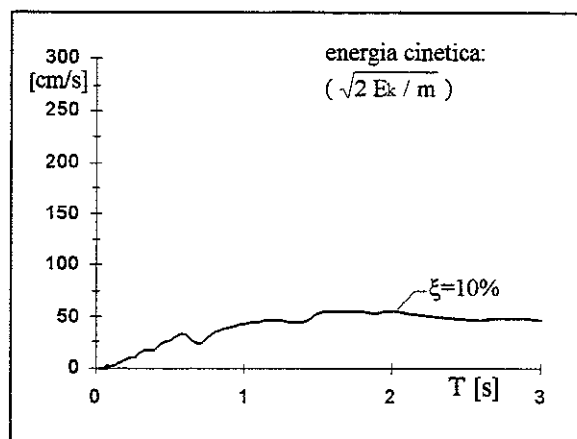
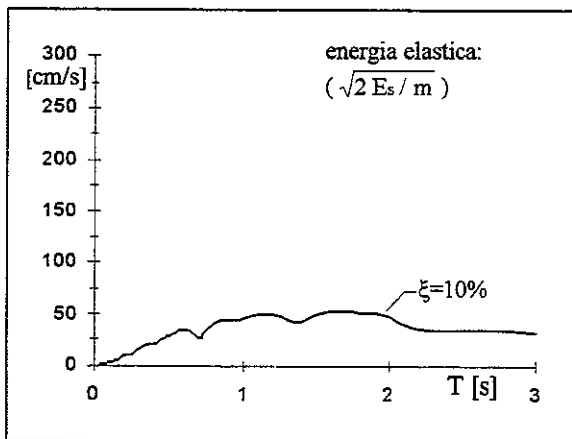
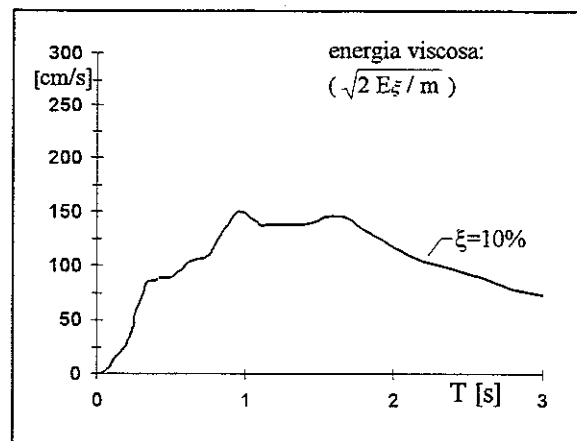
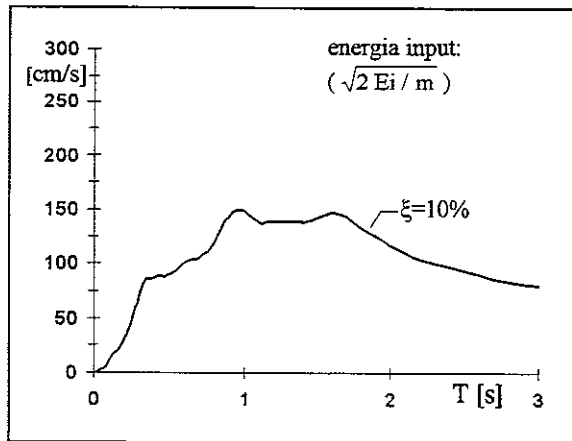
m636 ew - smorzamento 5% - energie



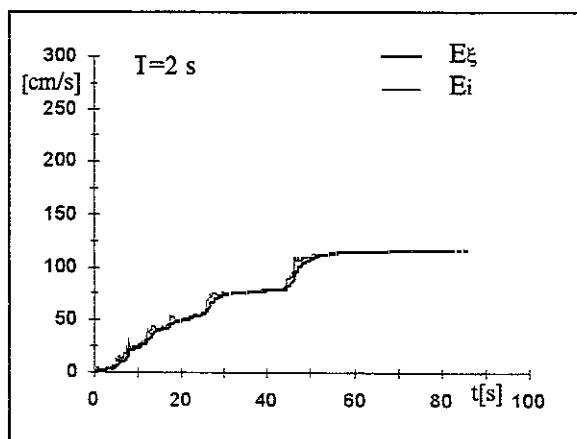
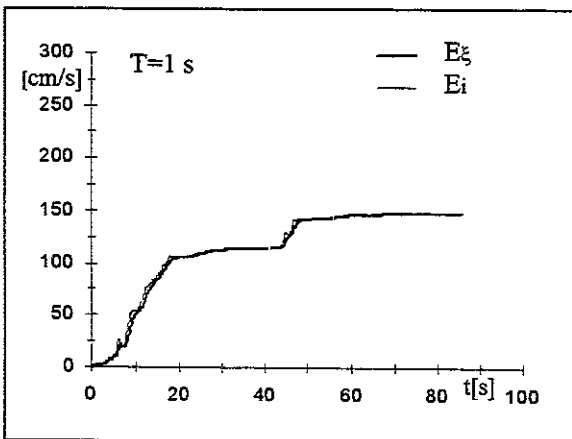
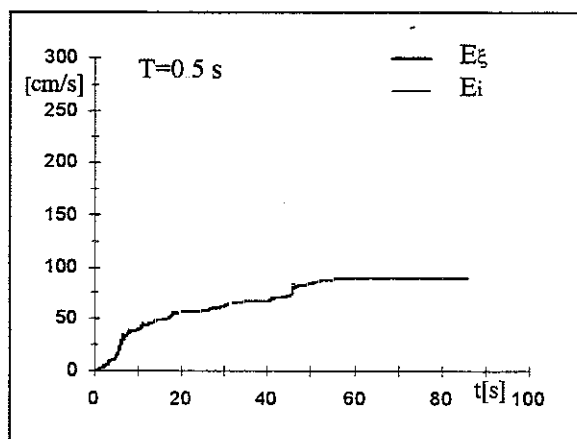
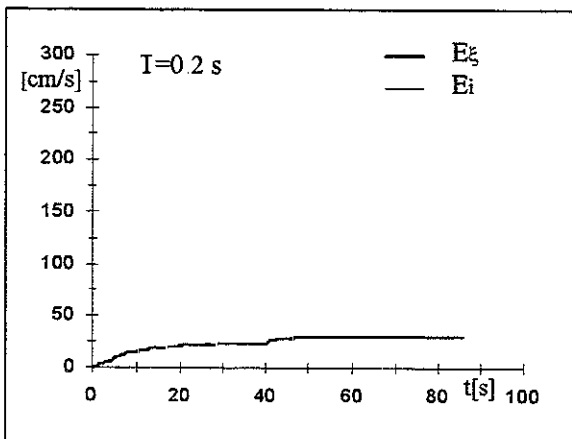
m636 ew - smorzamento 5% - storia temporale delle energie



m636.ew - smorzamento 10% - energie



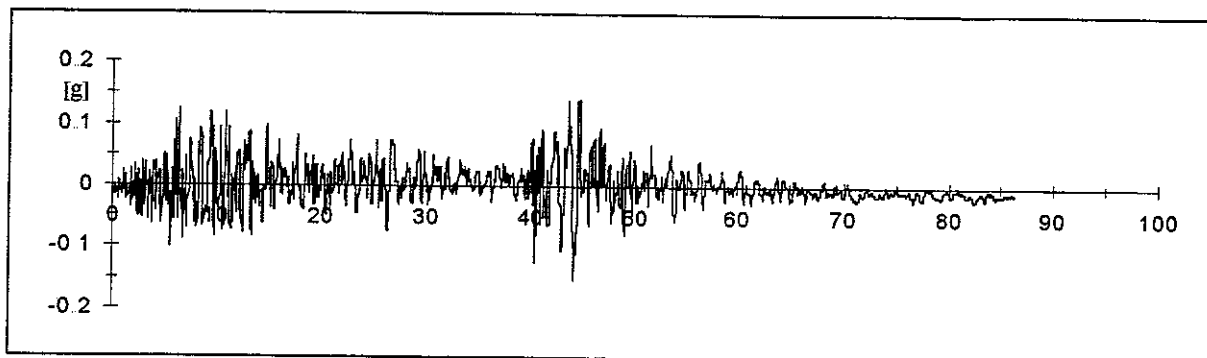
m636 ew - smorzamento 10% - storia temporale delle energie



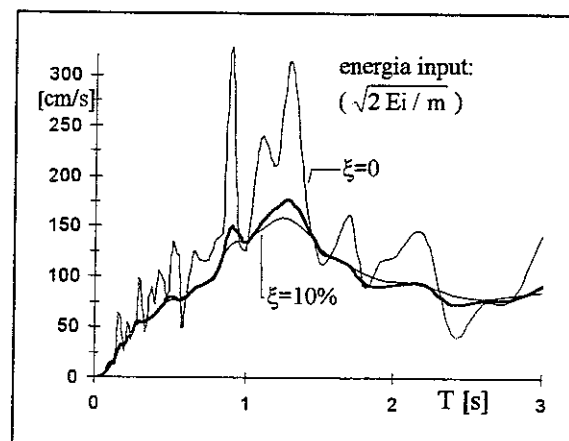
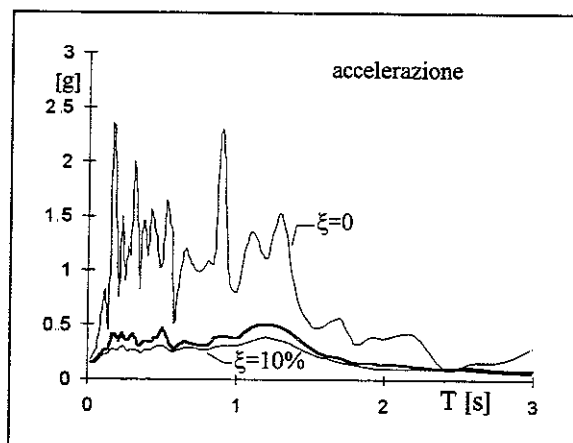
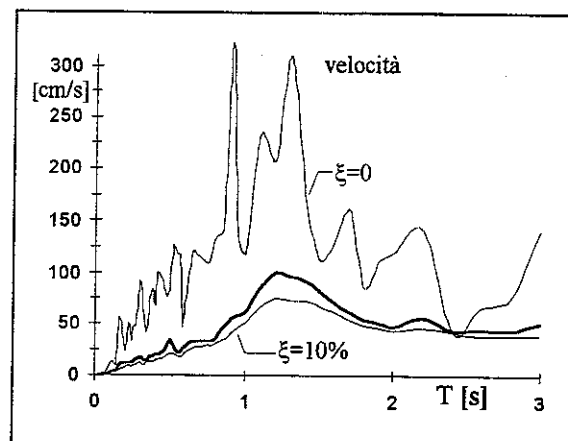
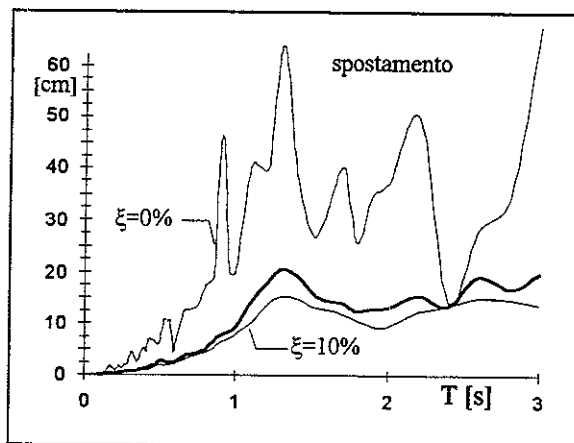
00636 TERREMOTO CAMPANO LUCANO - CALITRI 23.11.1980

reg.	ora	durata [s]	comp	PGA [g]	t(PGA) [s]	smorz	ω [Hz]	file	n.p.	M	dist.ep. [Km]	sito
ENEA	18.34.52	70.728	N.S.	-0.1519	4.412	0.598	26.60	M200636	29000	6.5	17.8	2/601

m636.ns - accelerogramma

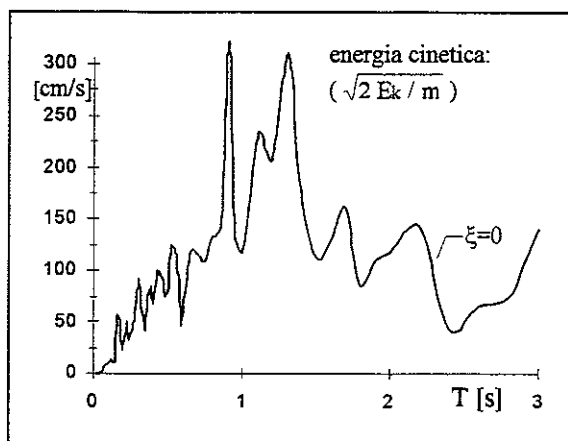
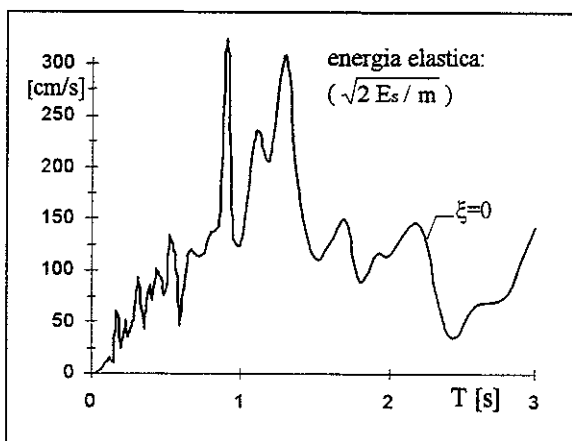
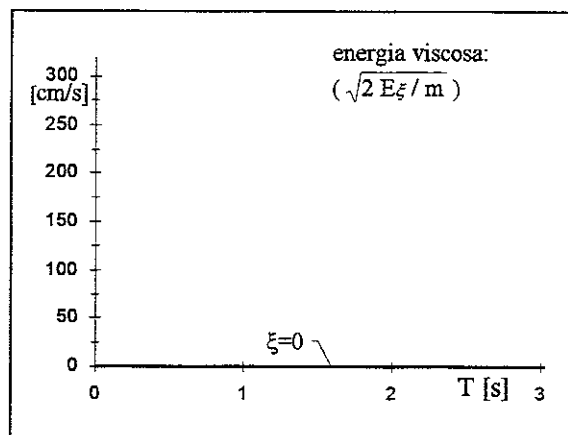
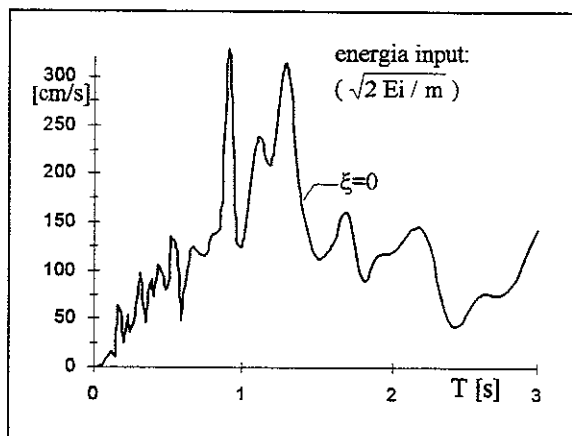


m636.ns - spettri

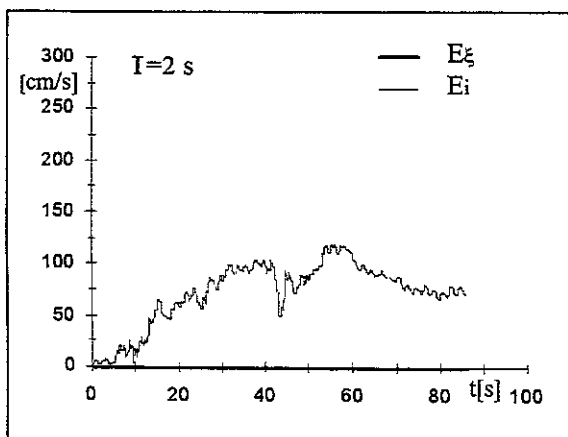
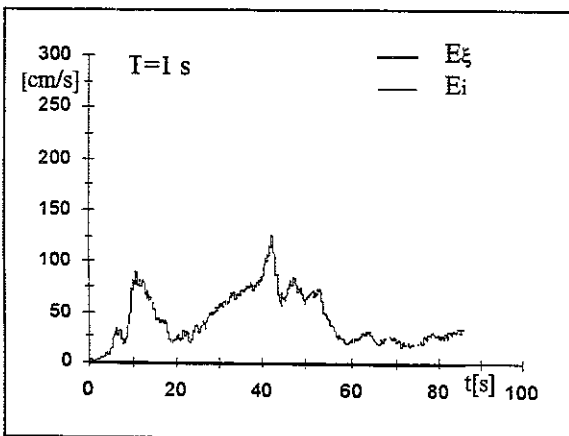
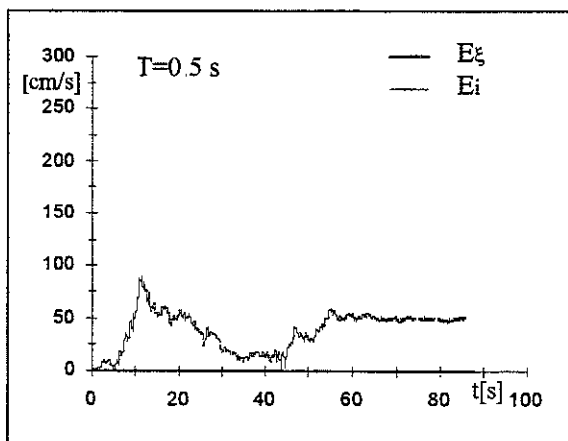
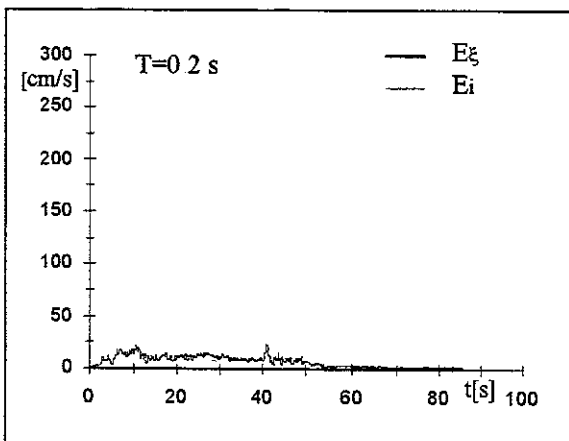


accelerazione/pga							media su intervalli ΔT ($\xi=5\%$)							energia/(pga/ ω)			
0 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 1.5	1.5 - 2.0	2.0 - 2.5	2.5 - 3.0	0 - 3.0	0 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 1.5	1.5 - 2.0	2.0 - 2.5	2.5 - 3.0	0 - 3.0	0 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 1.5	1.5 - 2.0
2.143	2.273	2.897	1.230	0.775	0.643	1.660	8.433	19.32	28.03	18.84	16.52	13.04	18.39				

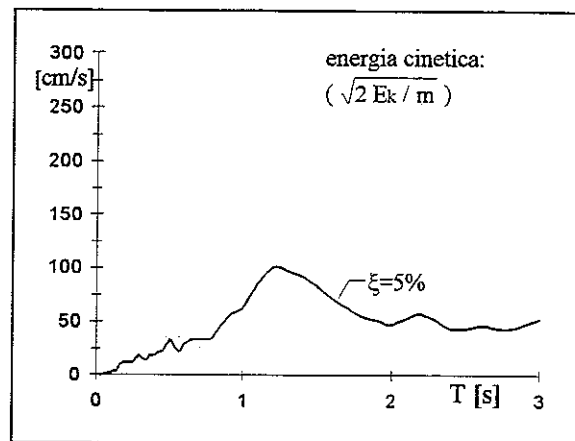
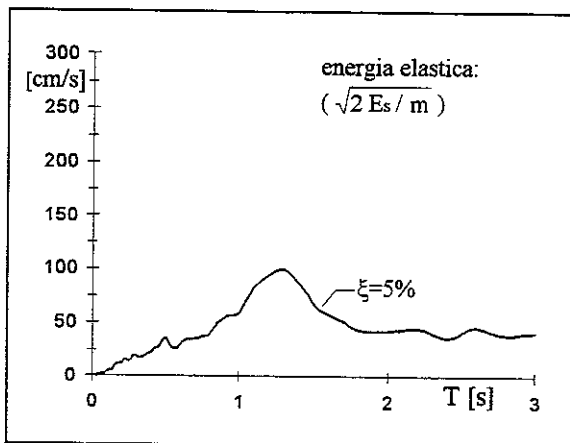
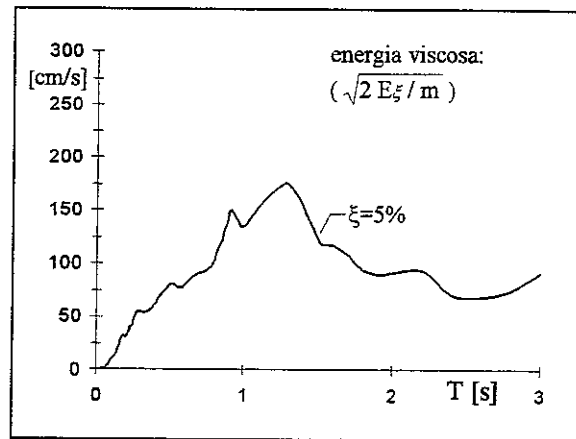
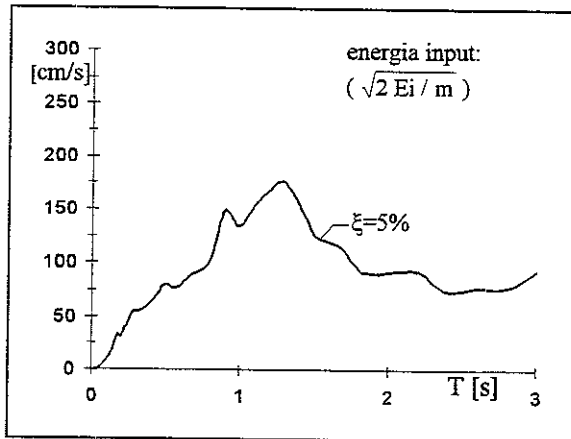
m636 ns - smorzamento 0 - energie



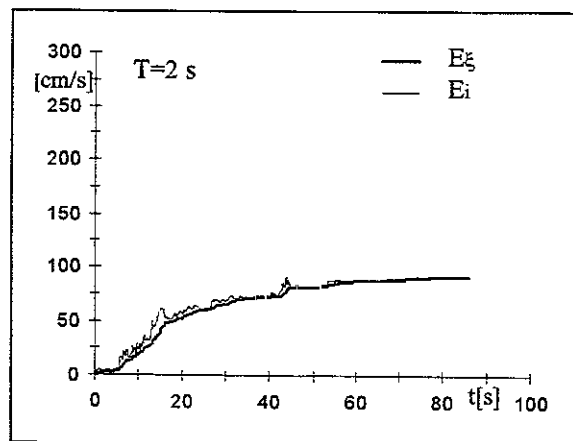
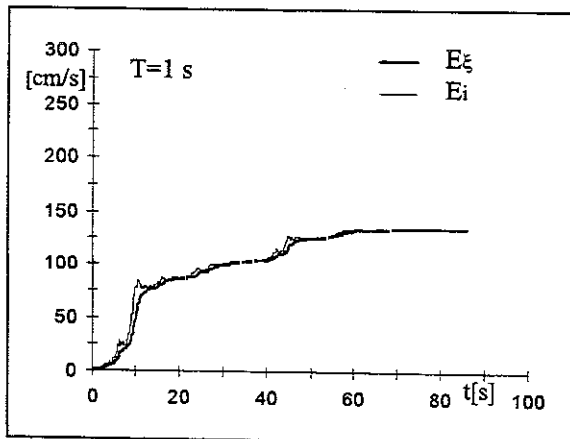
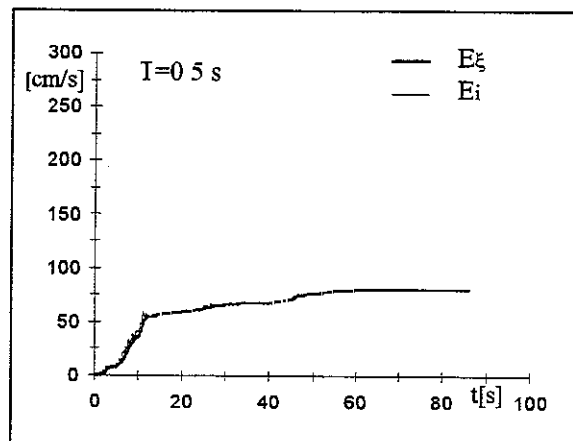
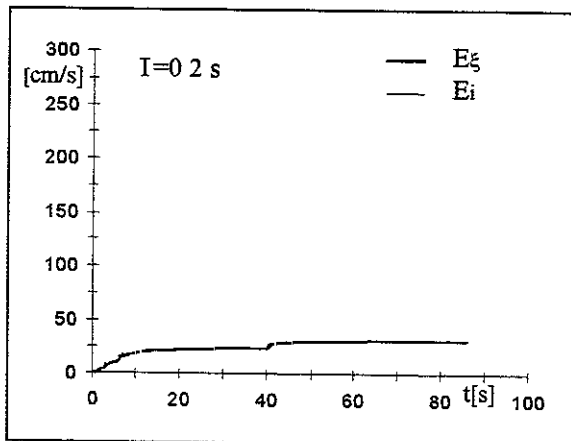
m636 ns - smorzamento 0 - storia temporale delle energie



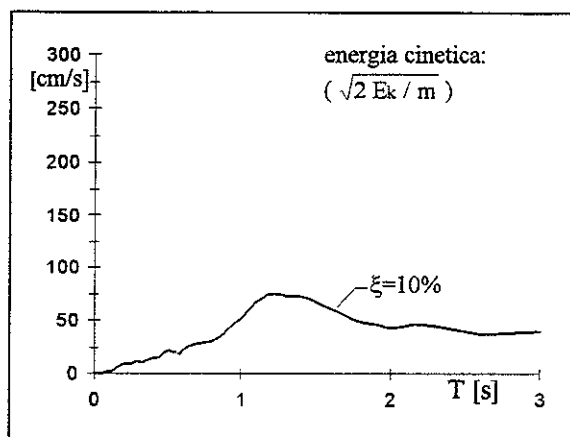
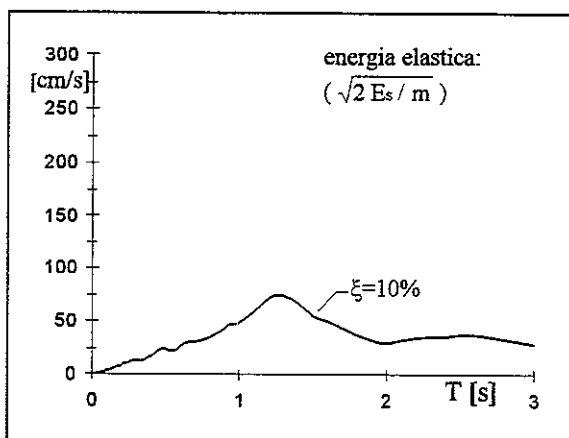
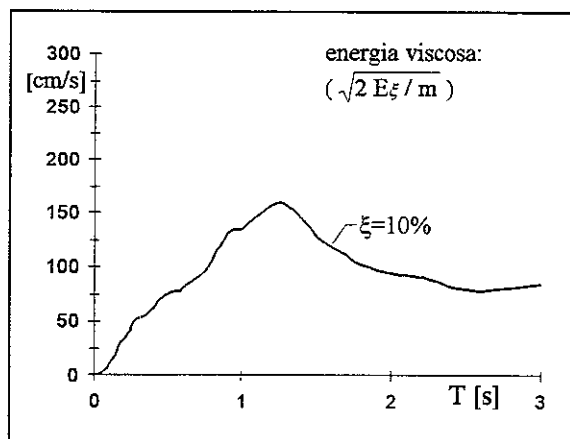
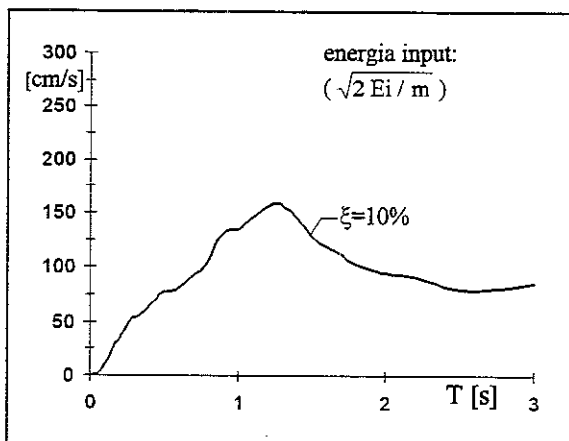
m636 ns - smorzamento 5% - energie



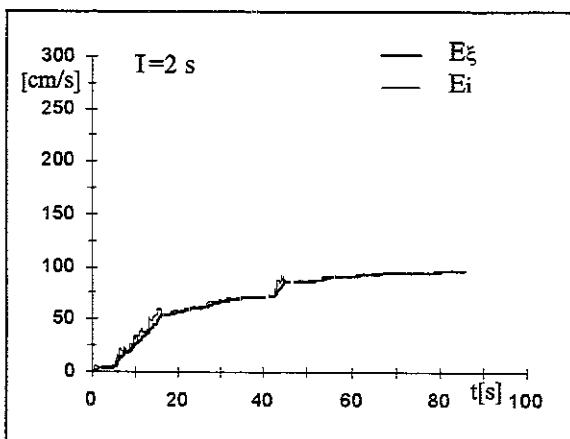
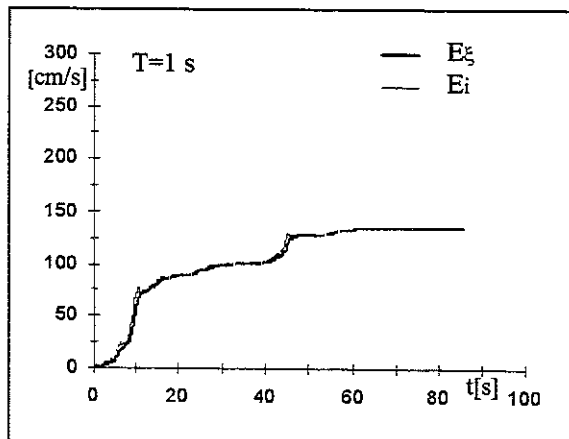
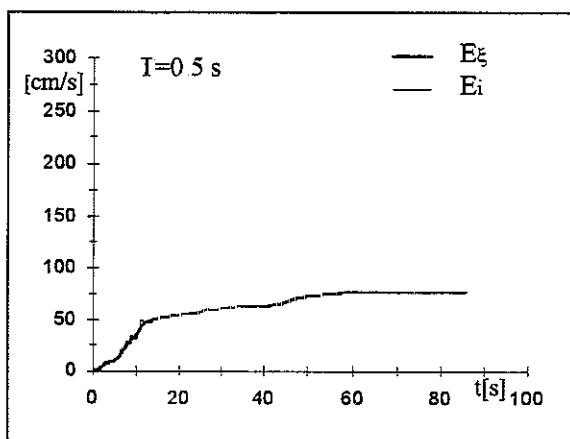
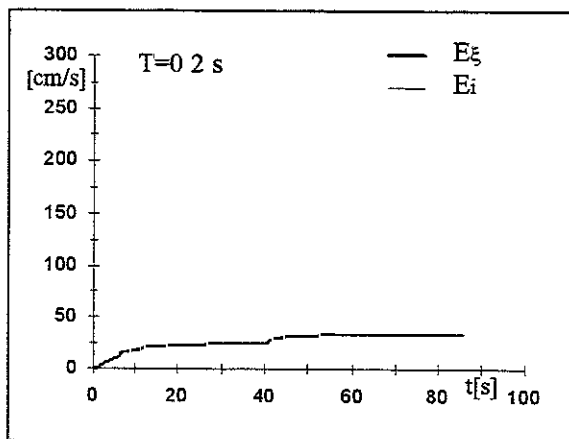
m636 ns - smorzamento 5% - storia temporale delle energie



m636 ns - smorzamento 10% - energie



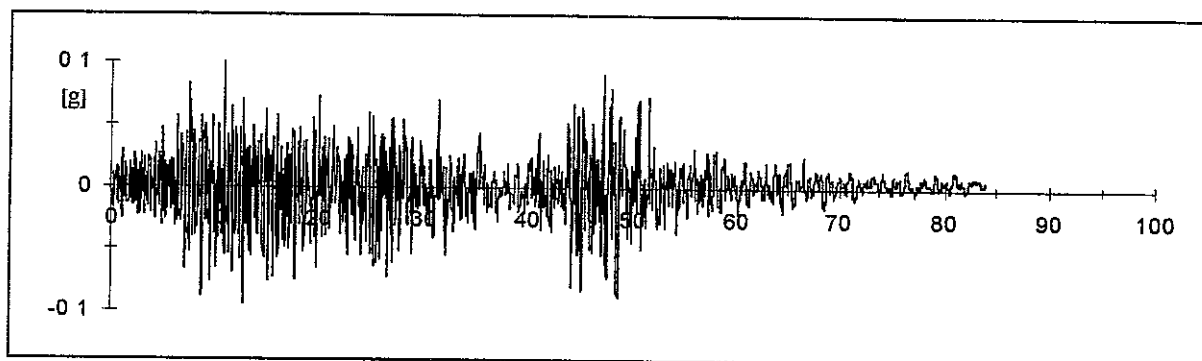
m636 ns - smorzamento 10% - storia temporale delle energie



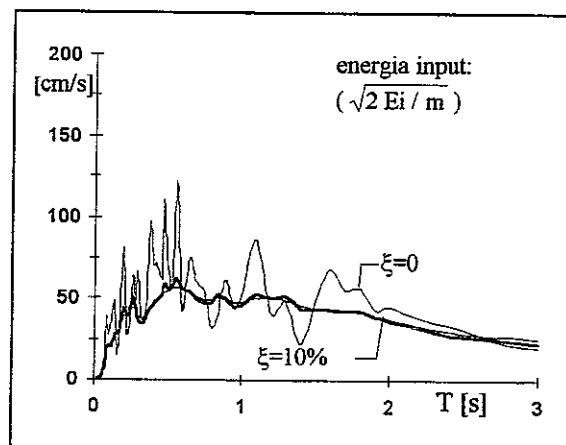
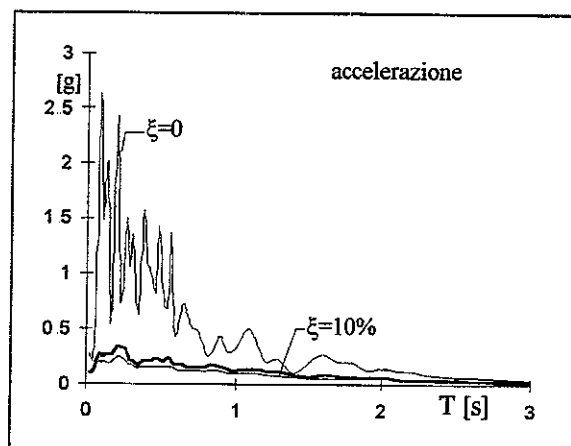
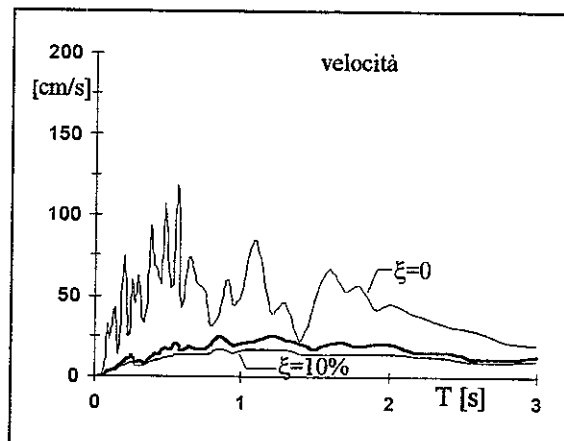
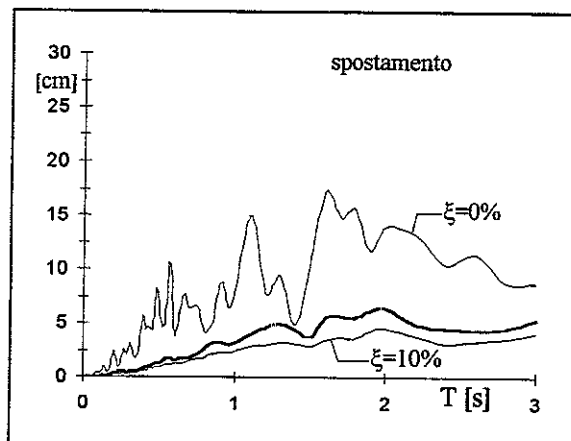
00643 TERREMOTO CAMPANO LUCANO - RIONERO IN VULTURE 23.11.1980

reg.	ora	durata [s]	comp	PGA [g]	t(PGA) [s]	smorz	ω [Hz]	file	n.p.	M	dist.ep. [Km]	sito
ENEA	18.34.52	83.754	E.W.	0.0992	10.721	0.564	26.80	M200643	28819	6.5	34.8	2/601

m643 ew - accelerogramma

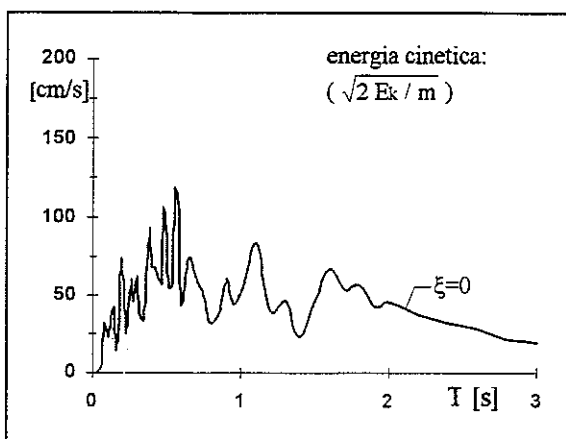
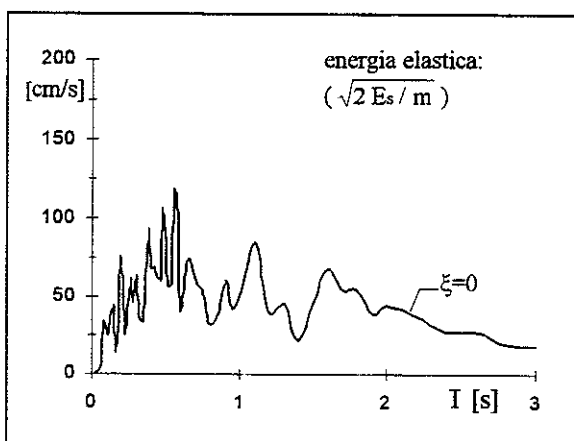
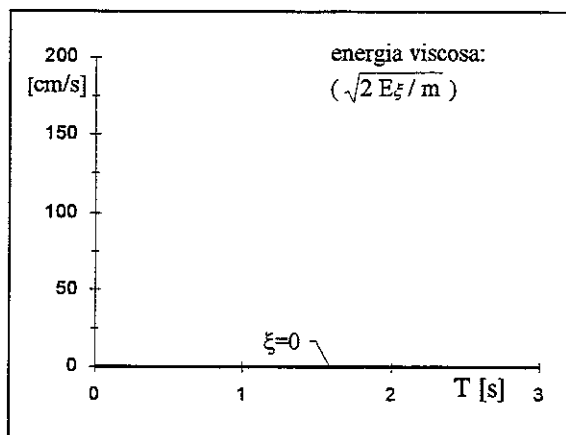
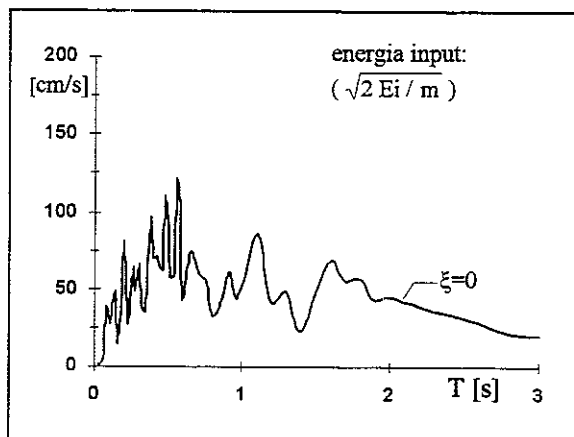


m643 ew - spettri

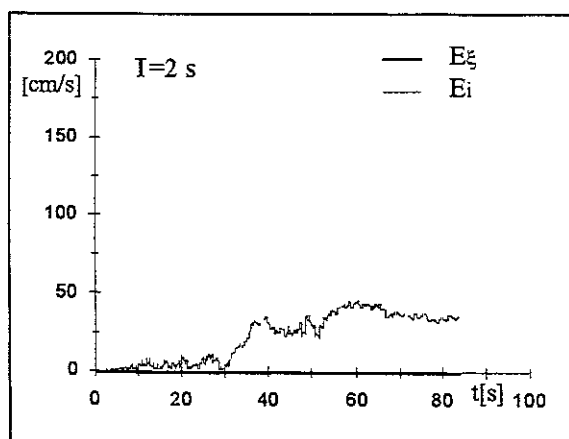
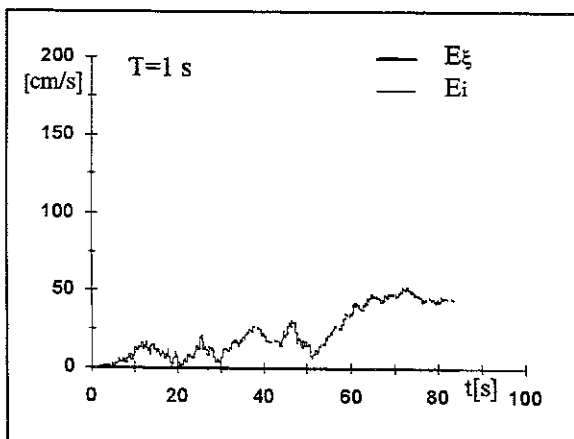
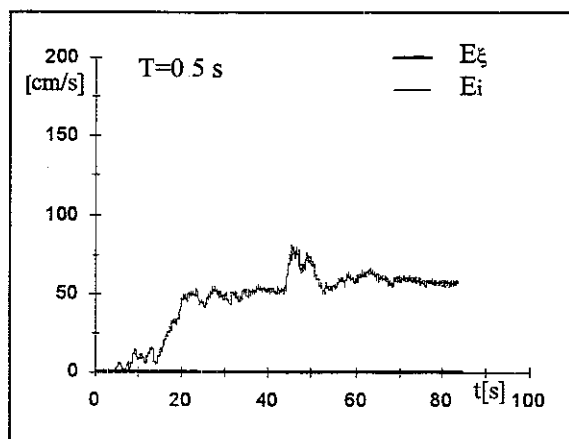
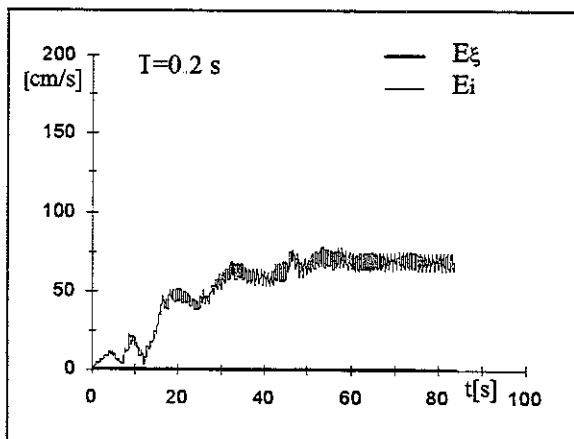


accelerazione/pga							media su intervalli ΔT ($\xi=5\%$)							energia/(pga/ ω)			
0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0
2.306	1.708	1.149	0.740	0.418	0.248	1.095	10.37	14.29	13.43	11.41	9.199	6.087	11.14				

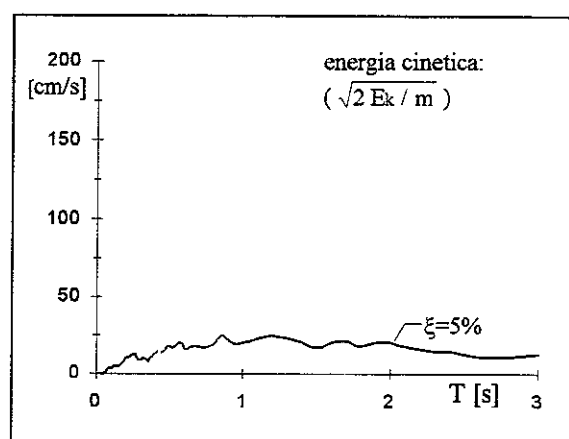
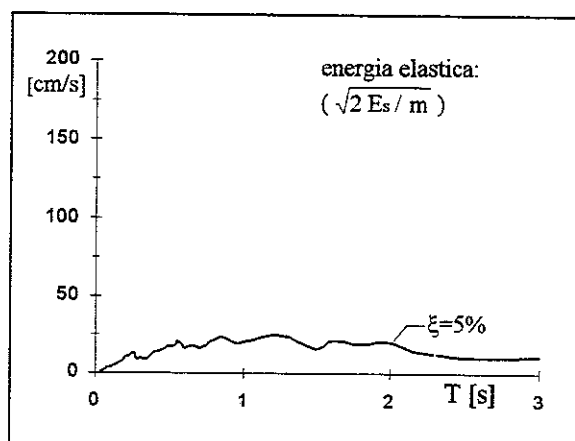
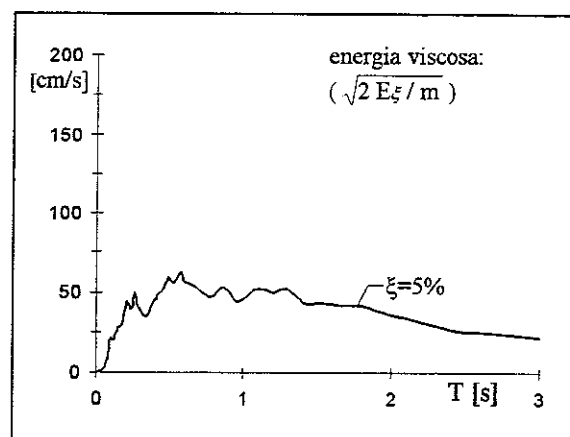
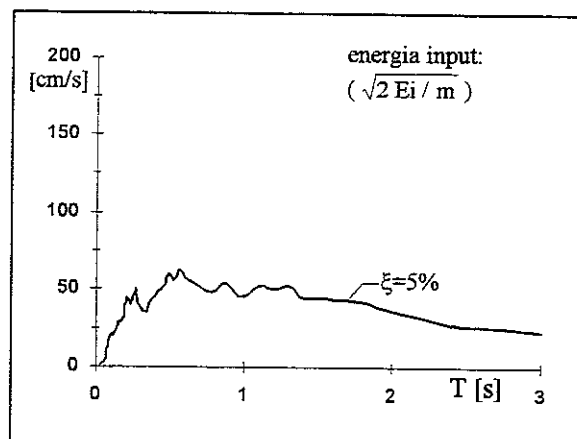
m643 ew - smorzamento 0 - energie



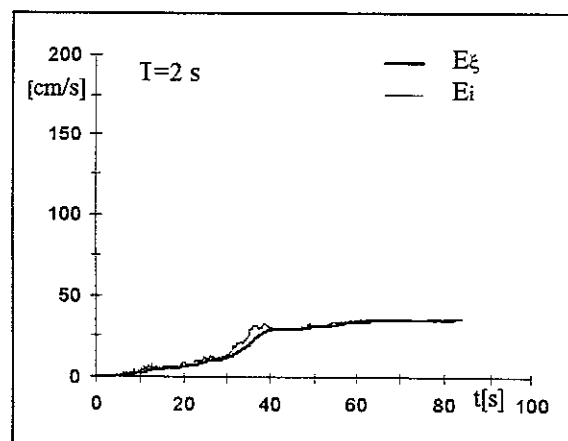
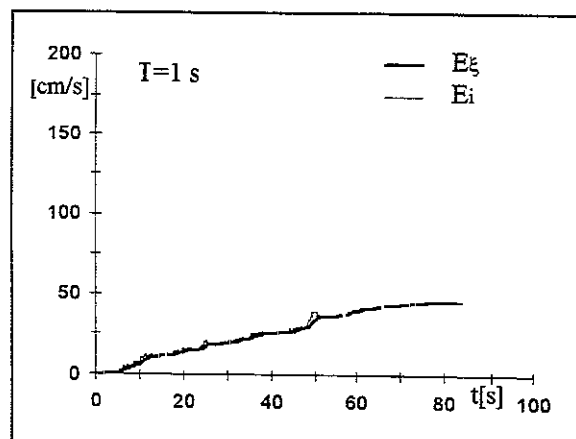
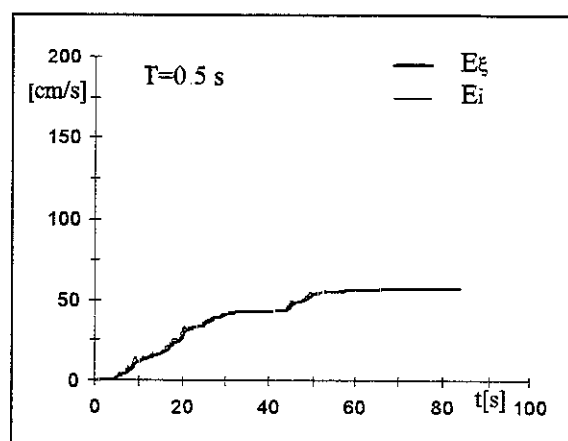
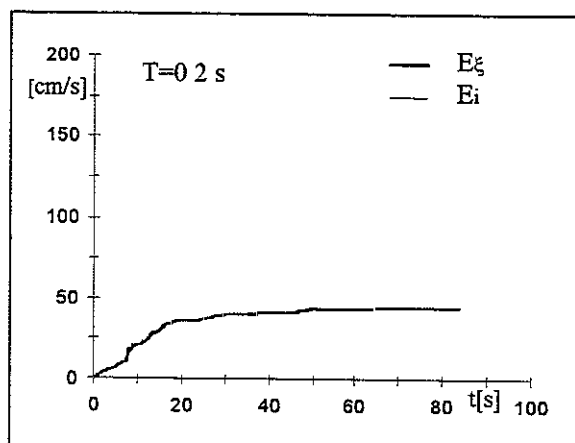
m643 ew - smorzamento 0 - storia temporale delle energie



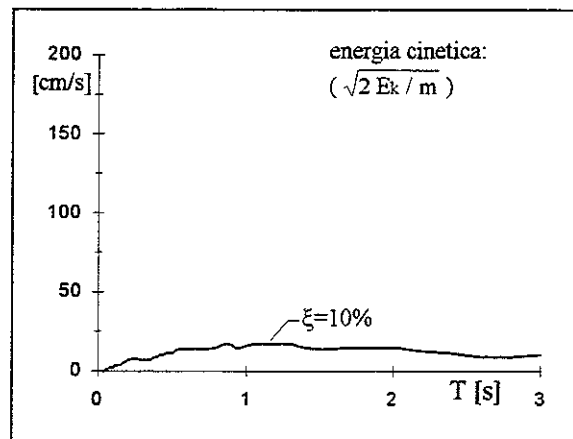
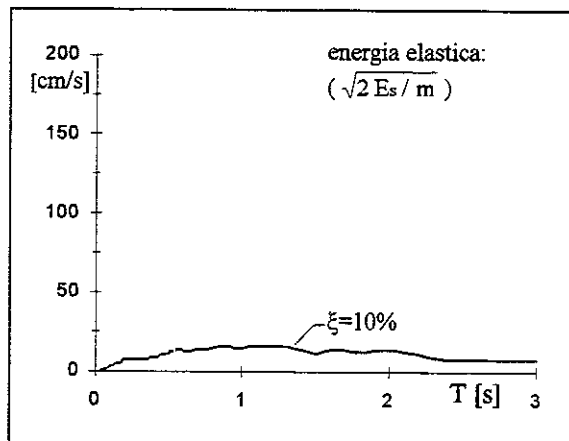
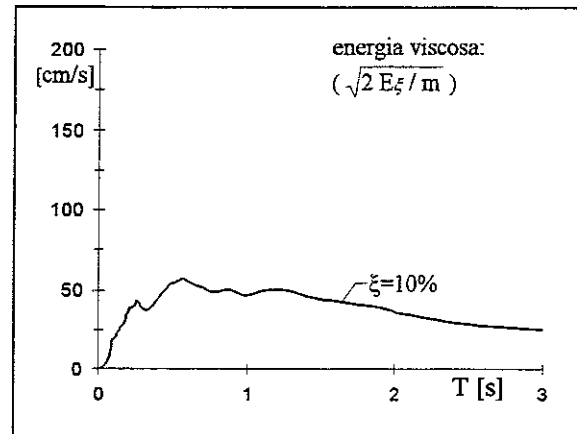
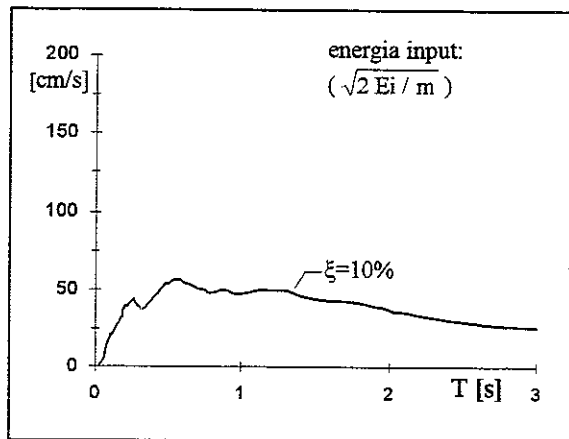
m643 ew - smorzamento 5% - energie



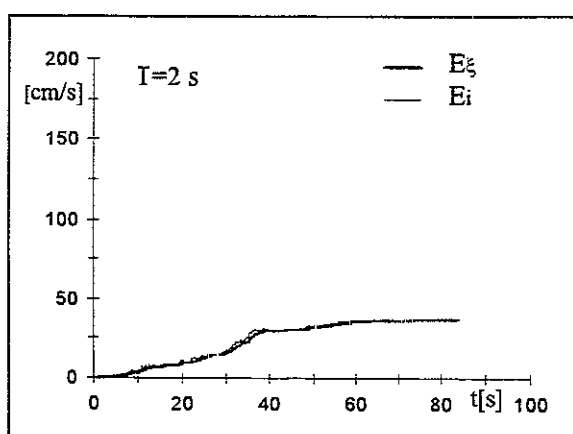
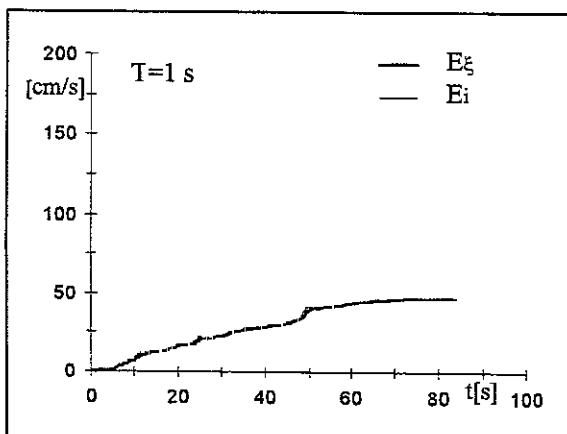
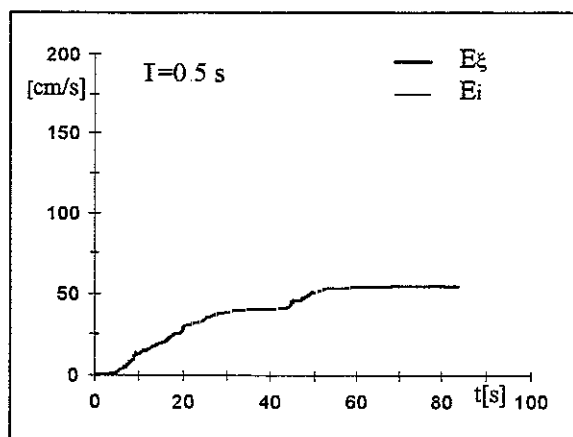
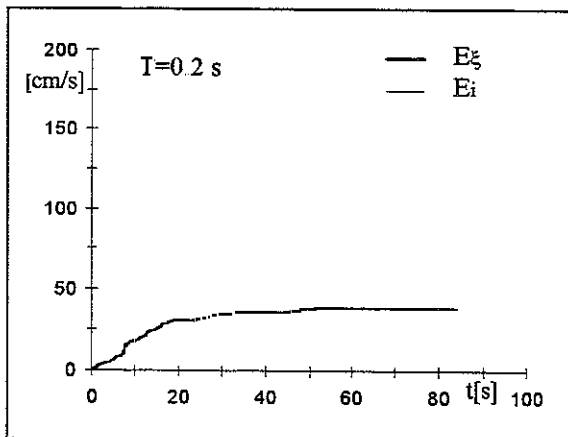
m643 ew - smorzamento 5% - storia temporale delle energie



m643 ew - smorzamento 10% - energie



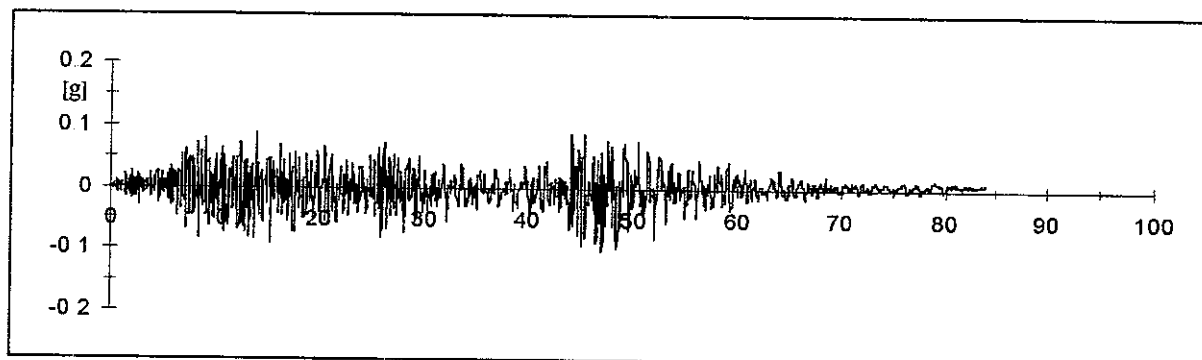
m643 ew - smorzamento 10% - storia temporale delle energie



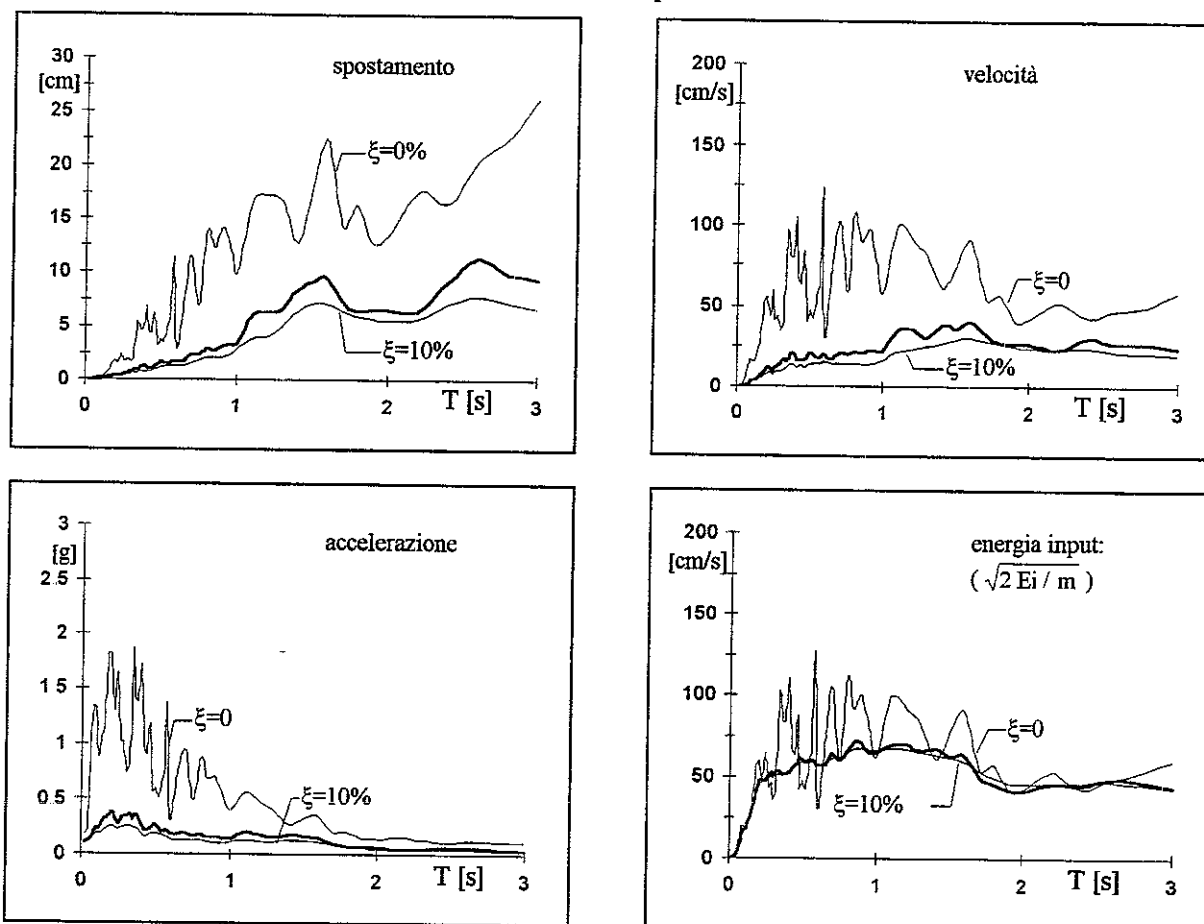
00643 TERREMOTO CAMPANO LUCANO - RIONERO IN VULTURE 23.11.1980

reg.	ora	durata [s]	comp	PGA [g]	t(PGA) [s]	smorz	ω [Hz]	file	n.p.	M	dist.ep. [Km]	sito
ENEA	18.34.52	83.768	N.S.	-0.1018	47.063	0.59	27.30	M200643	28824	6.5	34.8	2/601

m643 ns - accelerogramma

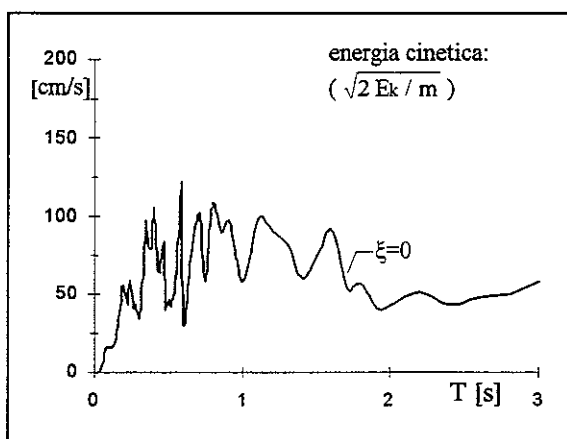
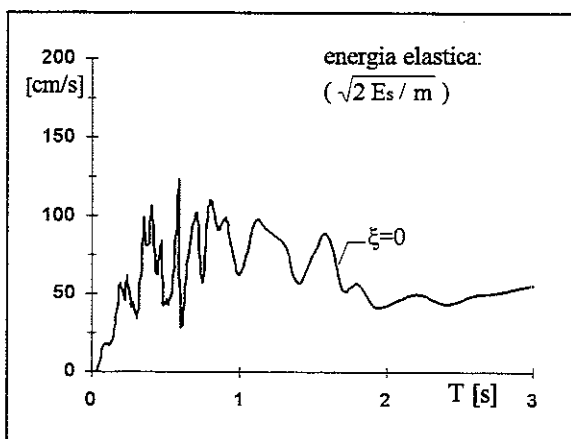
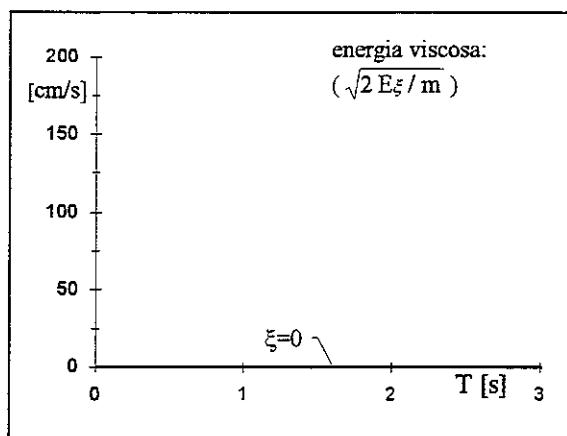
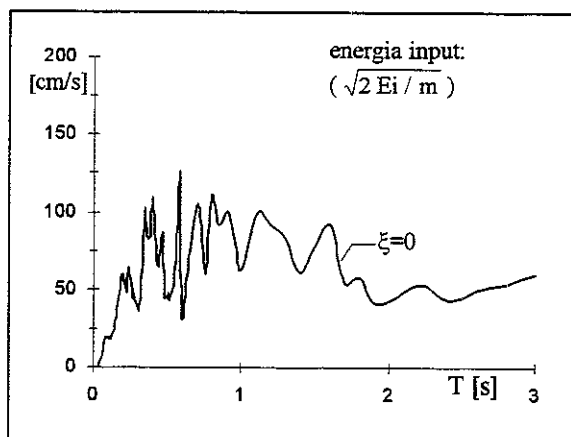


m643 ns - spettri

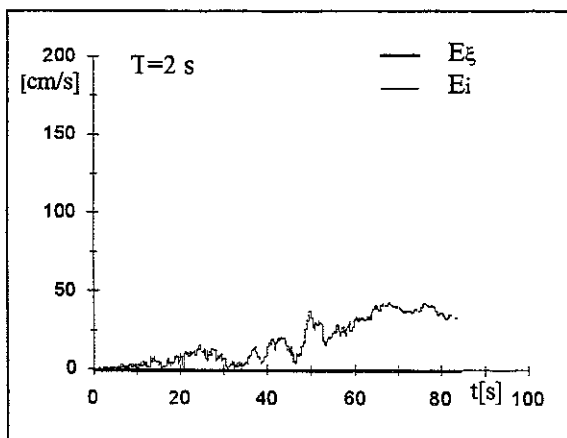
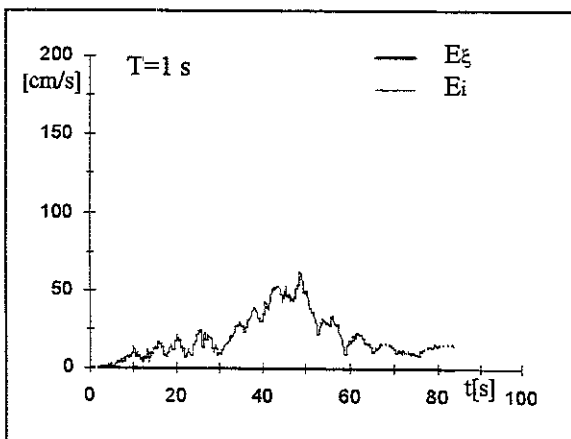
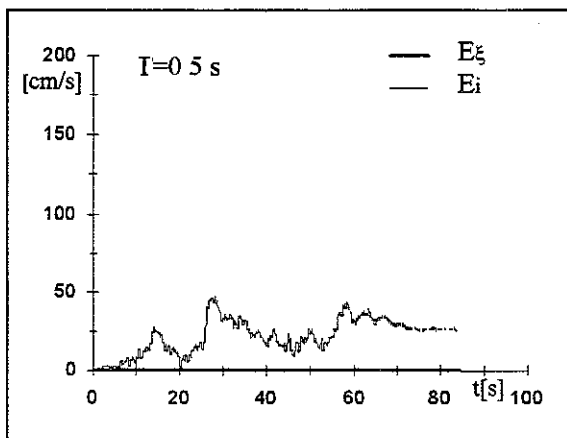
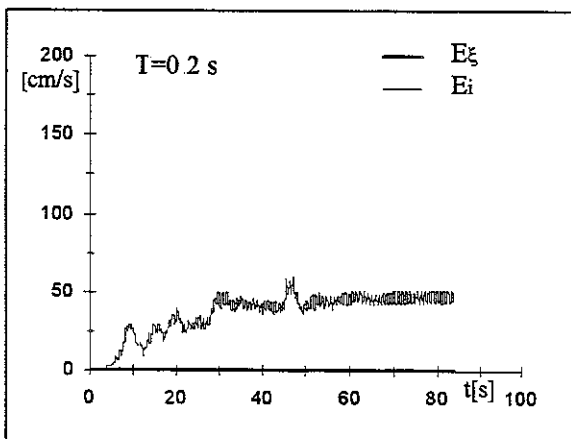


accelerazione/pga							media su intervalli ΔT ($\xi=5\%$)							energia/(pga/ ω)			
0 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 1.5	1.5 - 2.0	2.0 - 2.5	2.5 - 3.0	0 - 3.0	0 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 1.5	1.5 - 2.0	2.0 - 2.5	2.5 - 3.0	0 - 3.0	0 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 1.5	1.5 - 2.0
2.635	1.710	1.666	1.021	0.592	0.543	1.361	12.65	17.40	18.48	14.10	13.58	11.51	14.73				

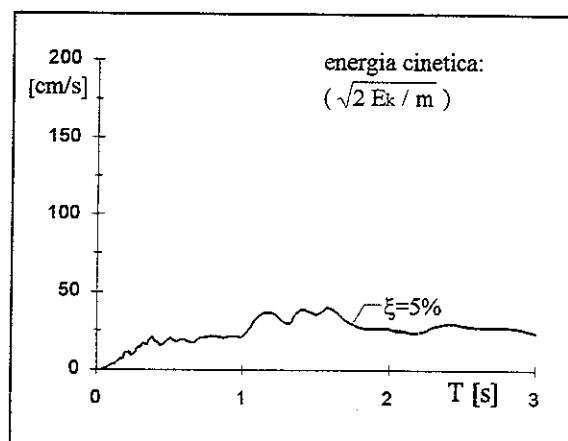
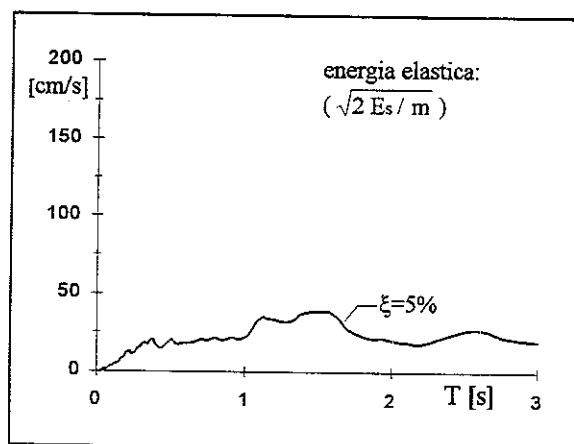
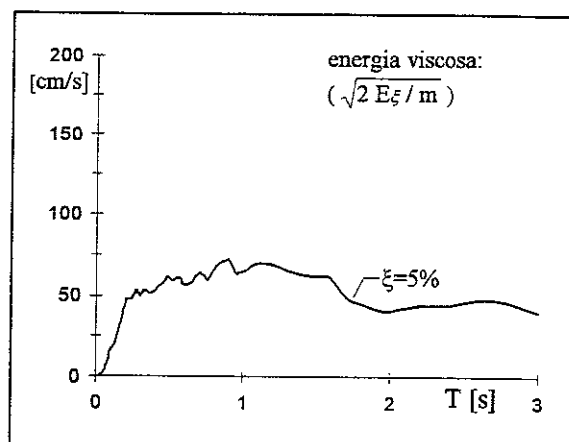
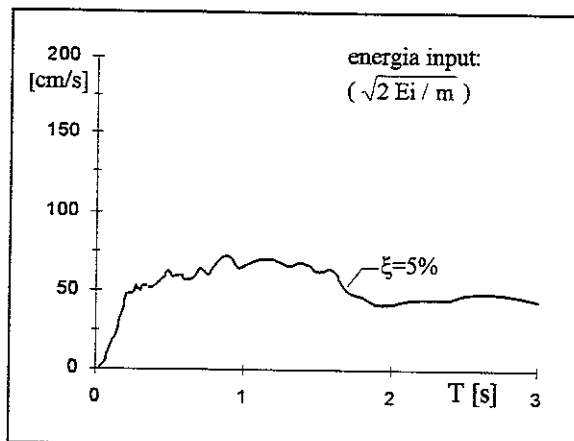
m643 ns - smorzamento 0 - energie



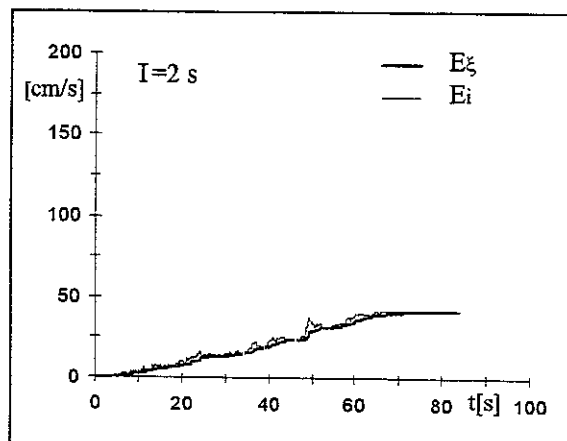
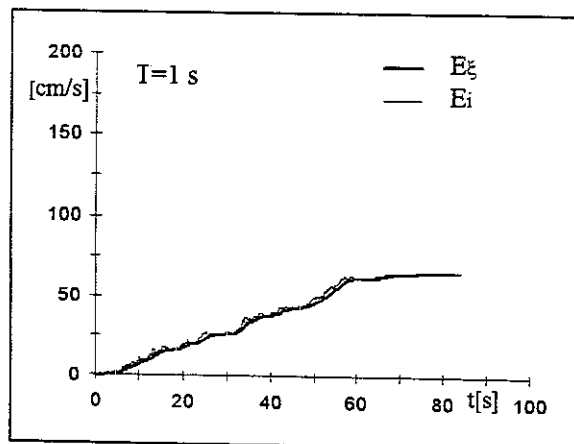
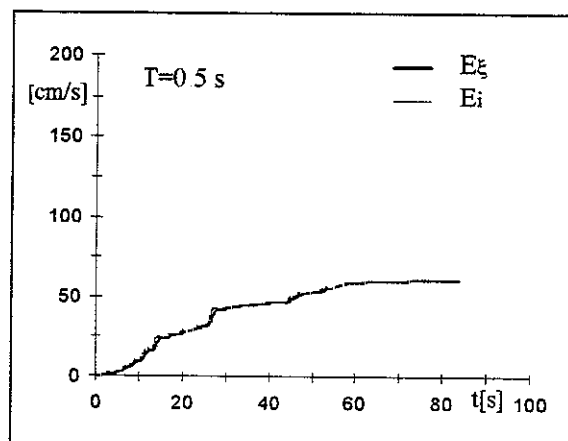
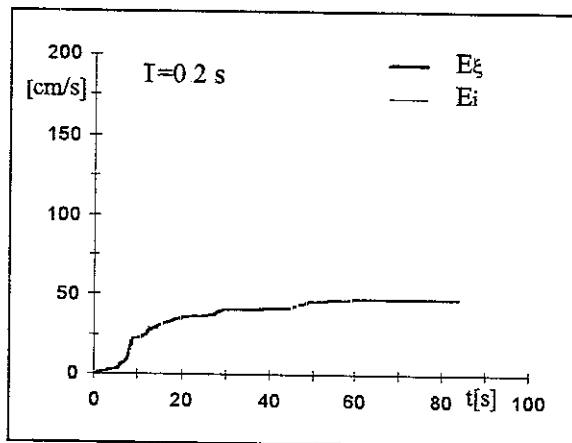
m643 ns - smorzamento 0 - storia temporale delle energie



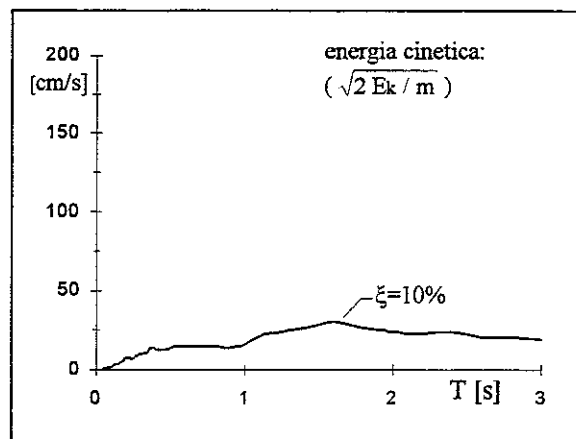
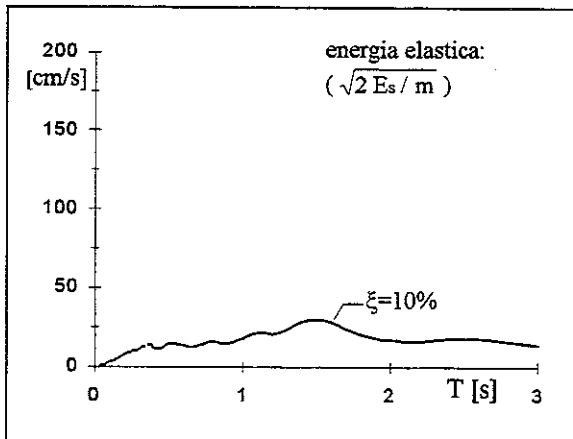
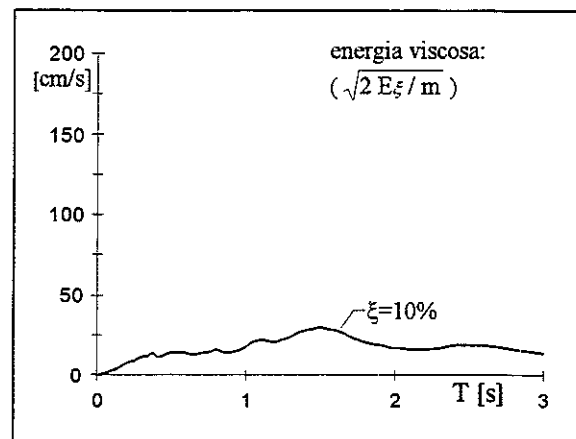
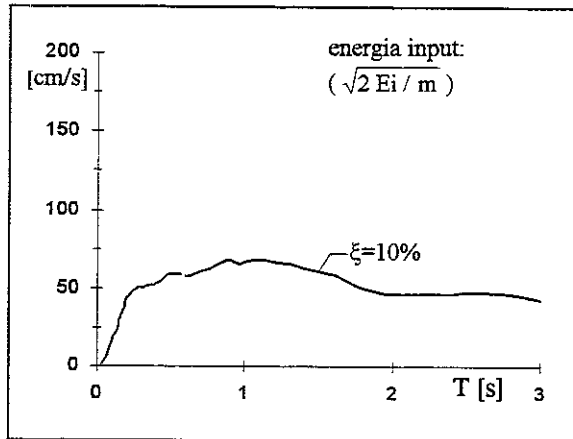
m643 ns - smorzamento 5% - energie



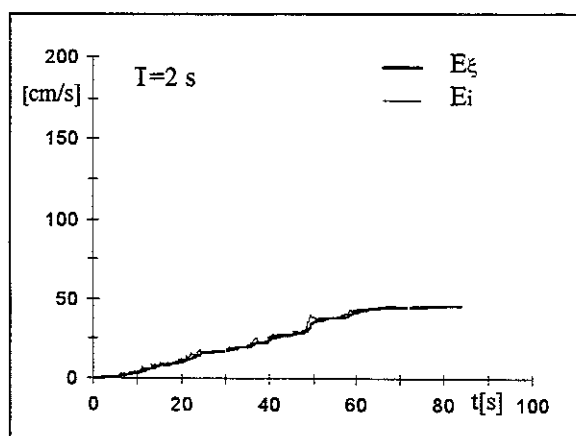
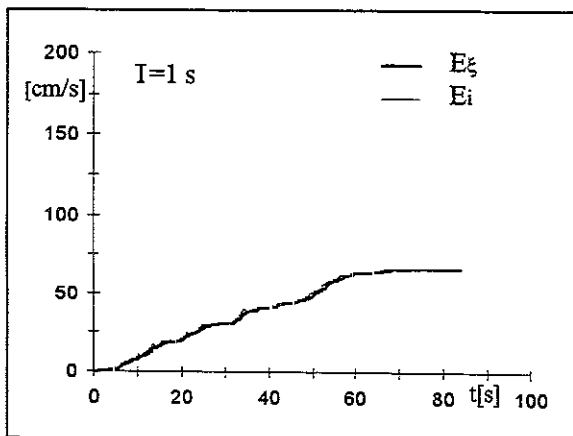
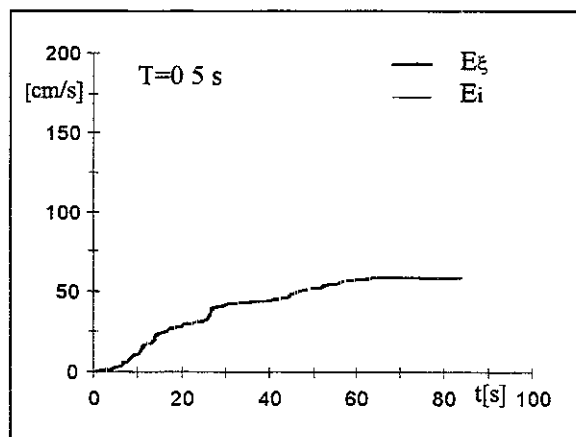
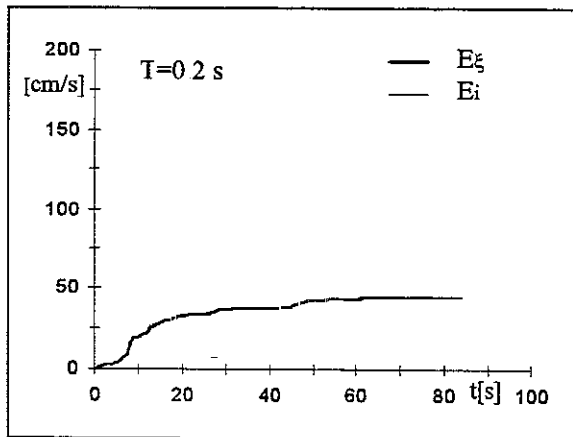
m643 ns - smorzamento 5% - storia temporale delle energie



m643 ns - smorzamento 10% - energie



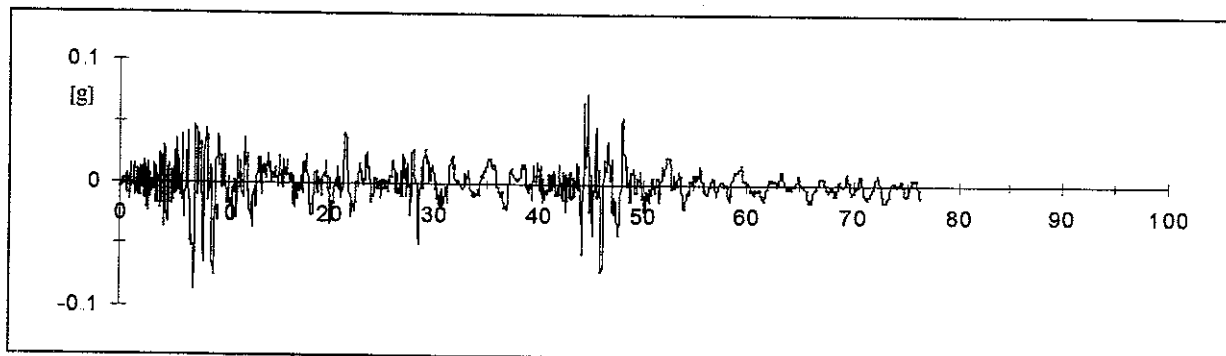
m643 ns - smorzamento 10% - storia temporale delle energie



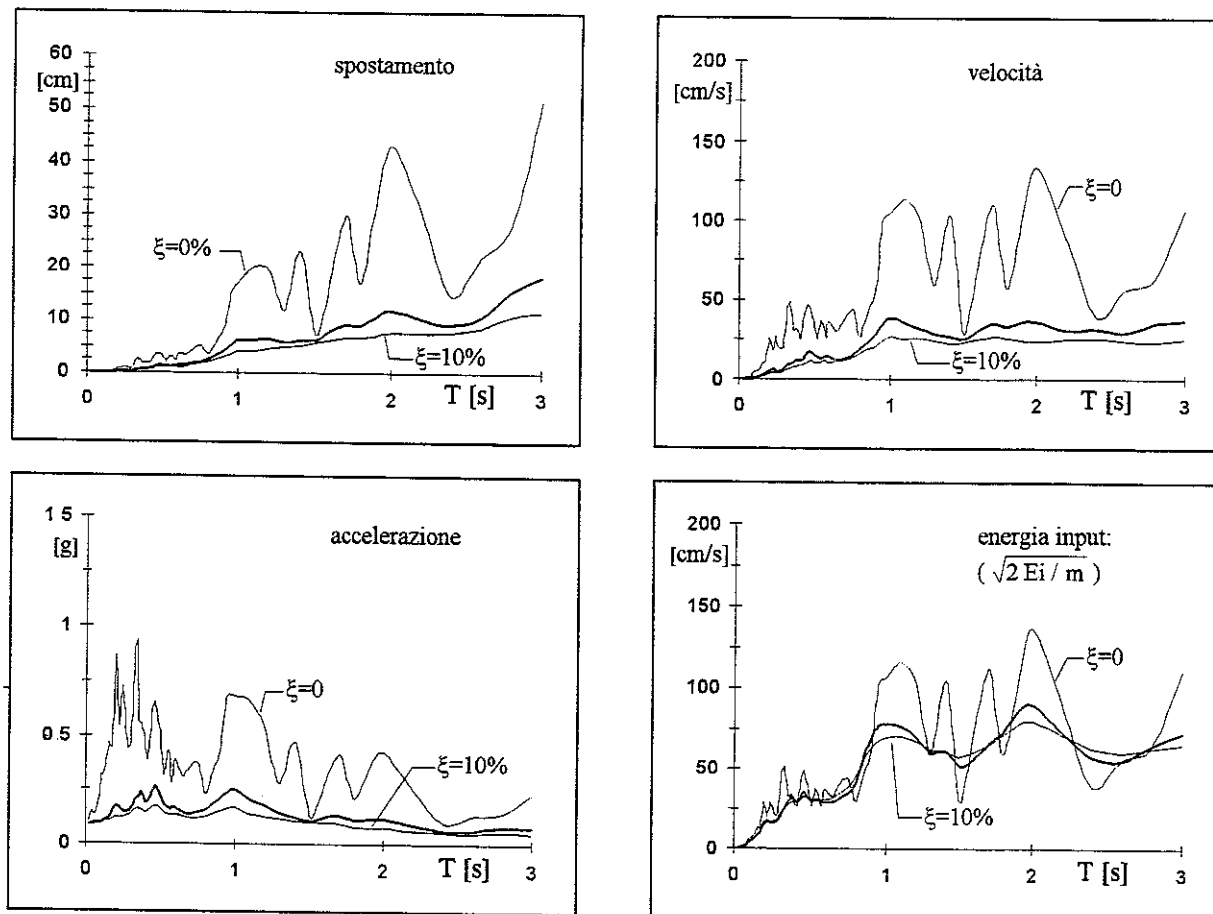
00644 TERREMOTO CAMPANO LUCANO - BISACCIA 23.11.1980

reg.	ora	durata [s]	comp	PGA [g]	t(PGA) [s]	smorz	ω [Hz]	file	n p.	M	dist.ep. [Km]	sito
ENEA	18.34.52	76.137	E.W.	-0.0860	7.018	0.565	26.80	M200644	26198	6.5	28.1	0/601

m644.ew - accelerogramma

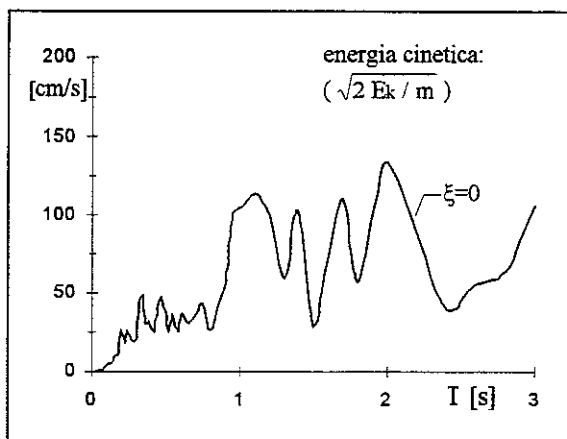
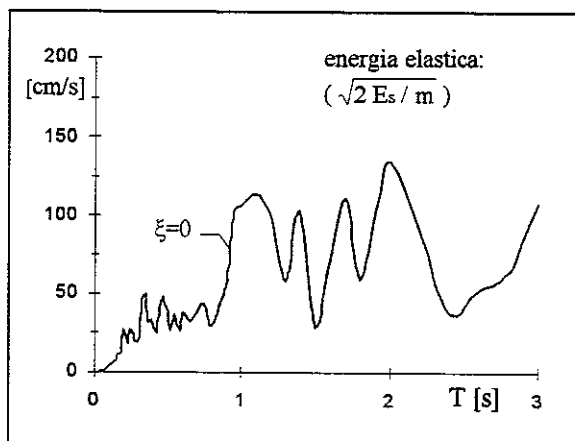
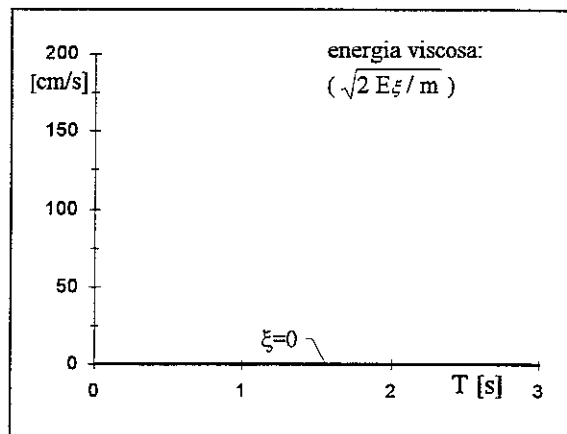
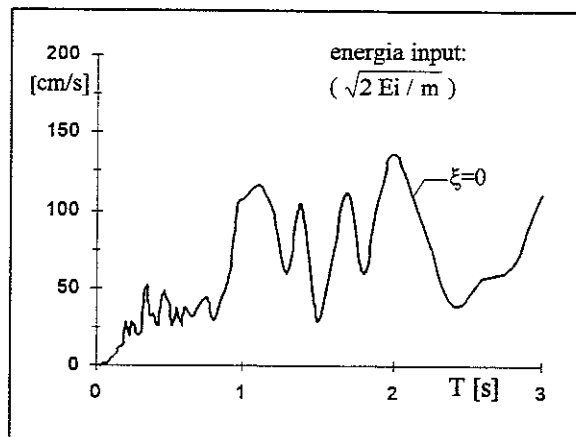


m644.ew - spettri

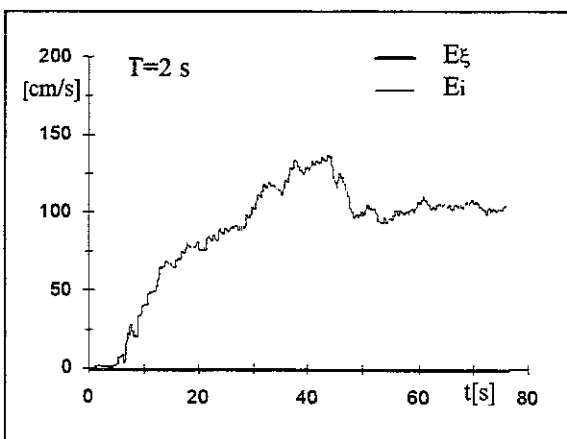
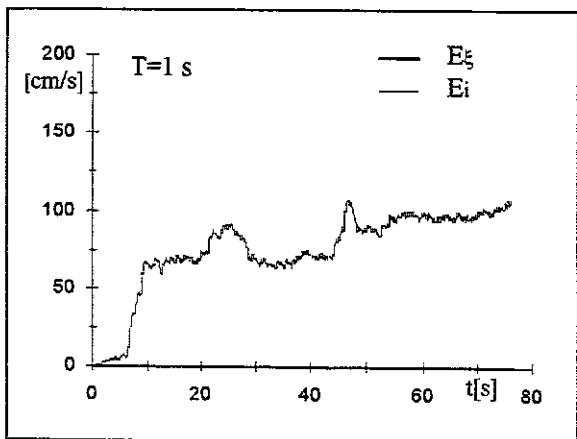
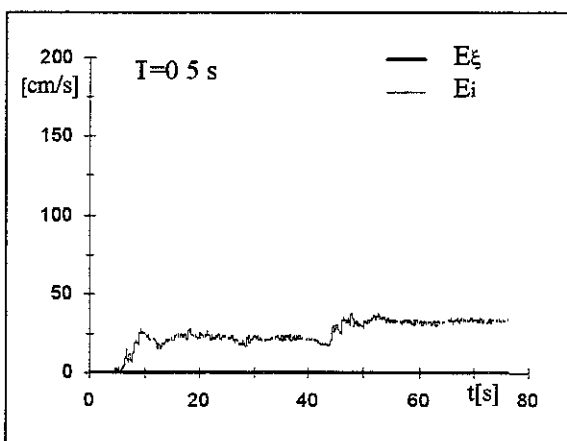
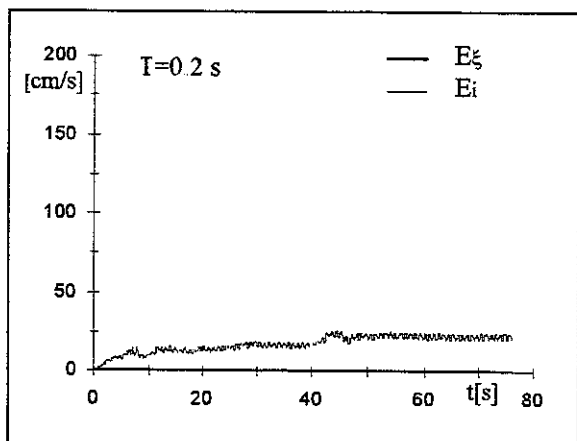


accelerazione/pga							media su intervalli ΔT ($\xi=5\%$)							energia/(pga/ ω)			
0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0
1.828	2.050	1.932	1.385	1.116	0.706	1.503	6.552	15.46	21.21	22.77	23.94	18.24	18.96				

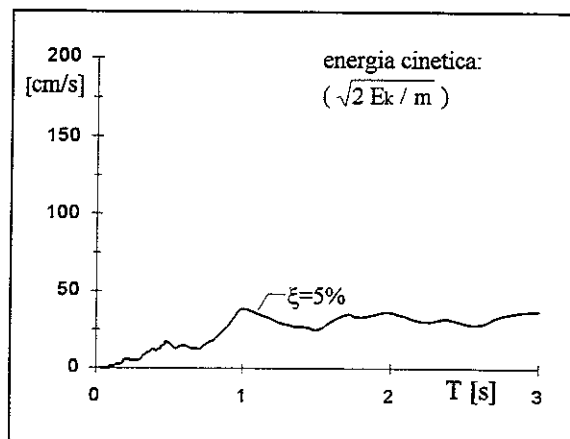
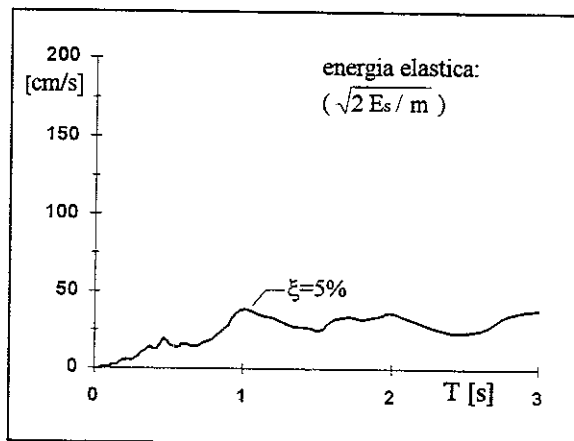
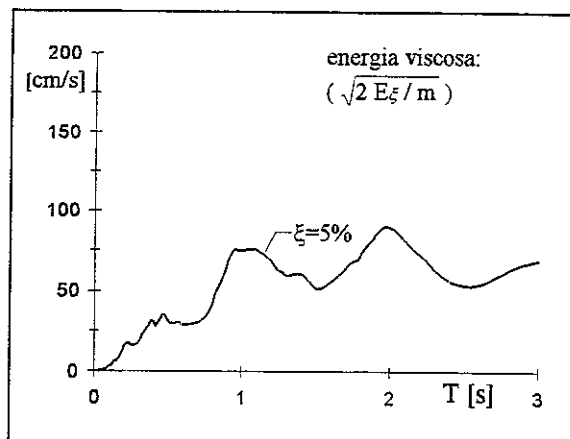
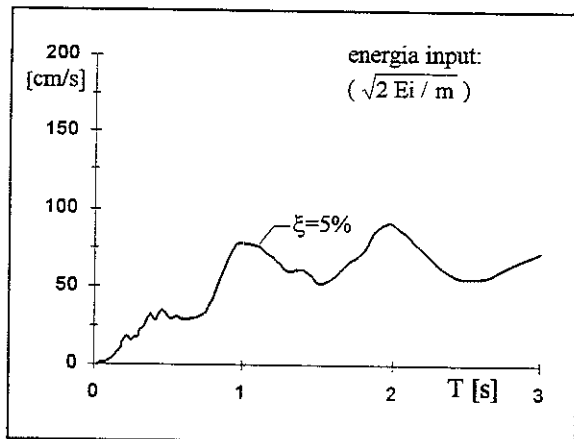
m644 ew - smorzamento 0 - energie



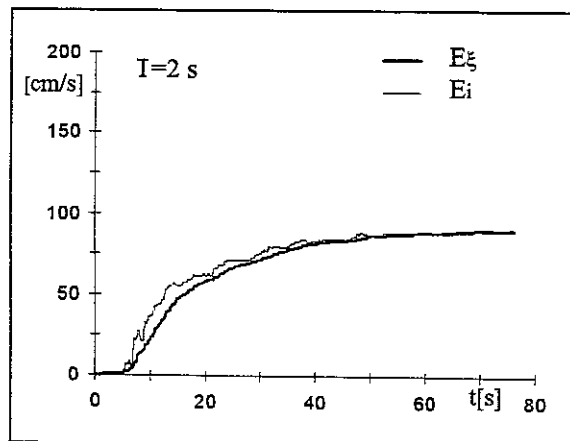
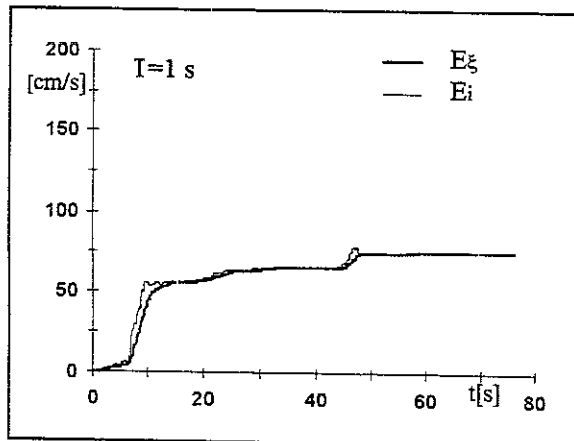
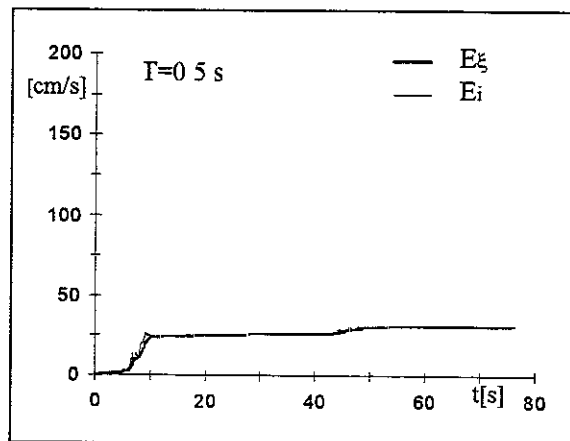
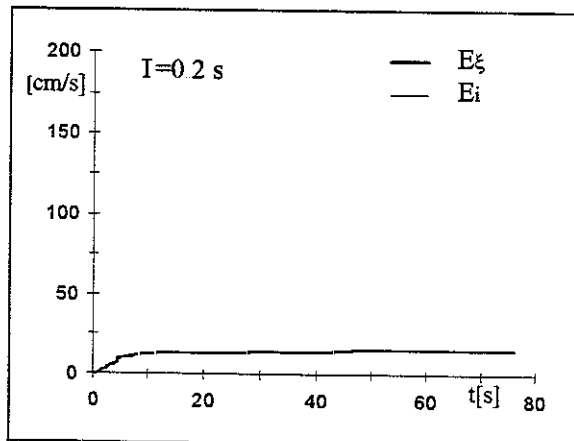
m644 ew - smorzamento 0 - storia temporale delle energie



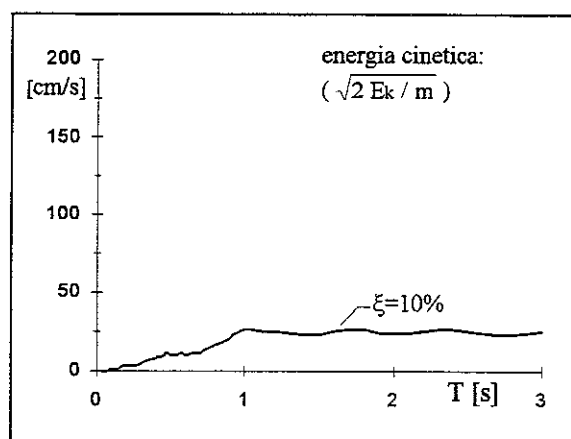
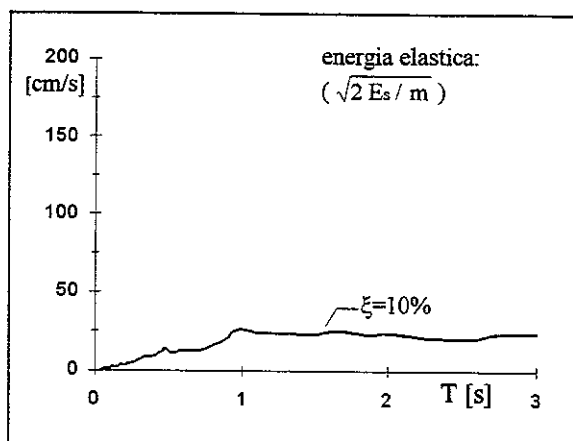
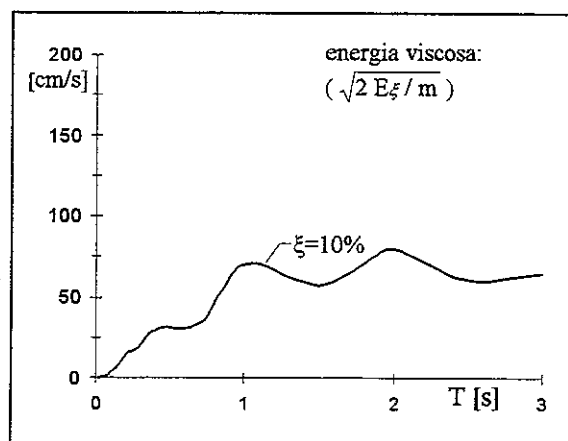
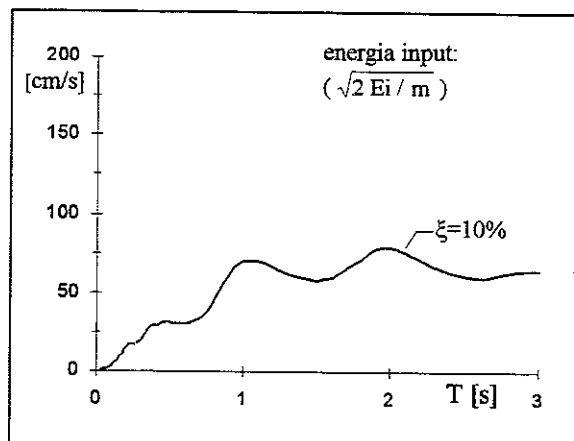
m644 ew - smorzamento 5% - energie



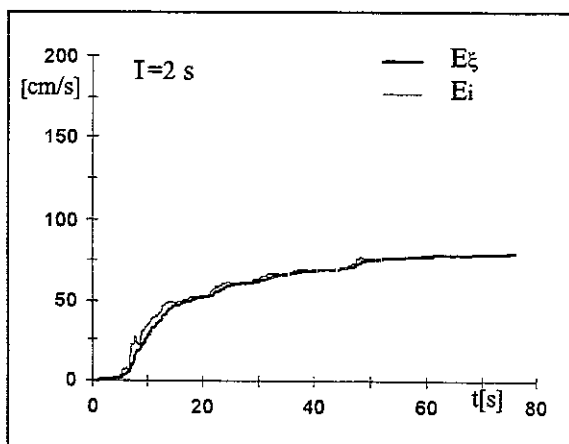
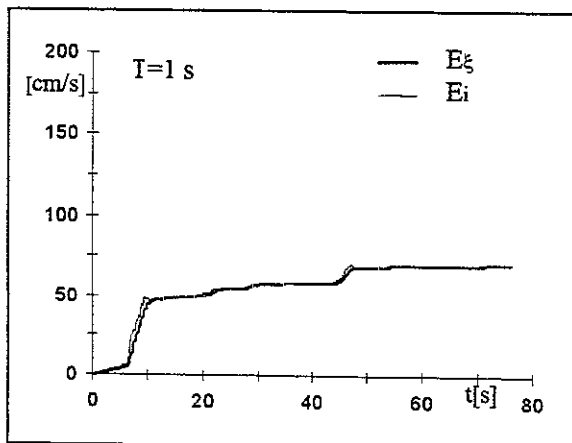
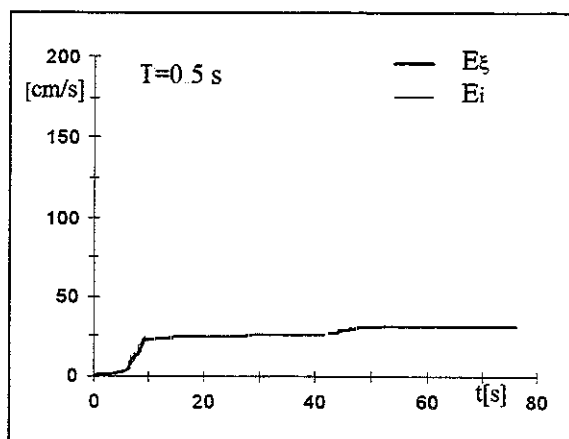
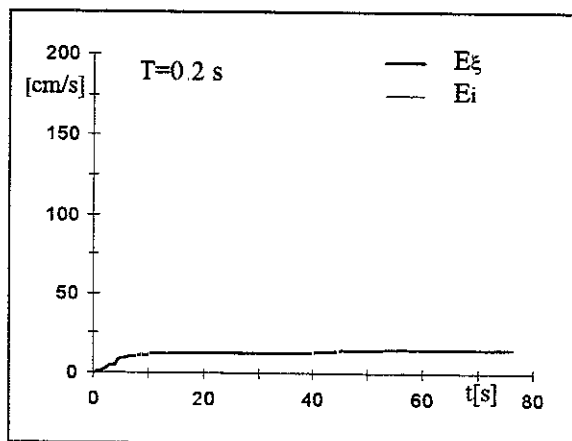
m644 ew - smorzamento 5% - storia temporale delle energie



m644 ew - smorzamento 10% - energie



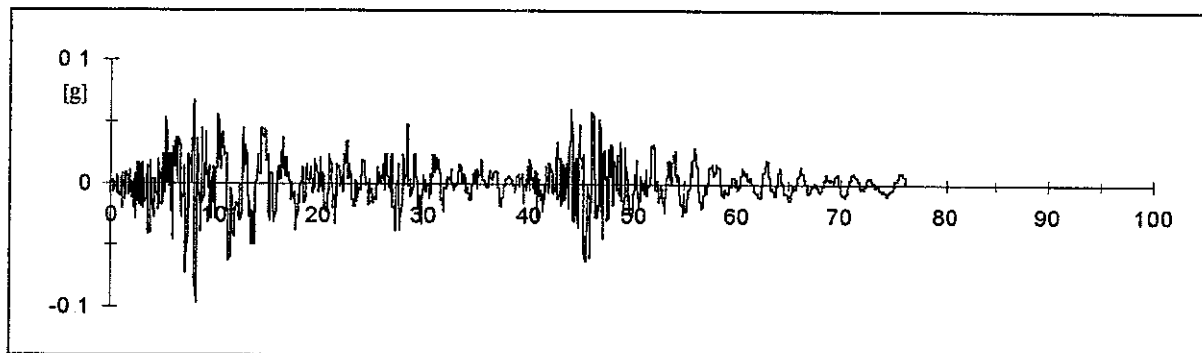
m644 ew - smorzamento 10% - storia temporale delle energie



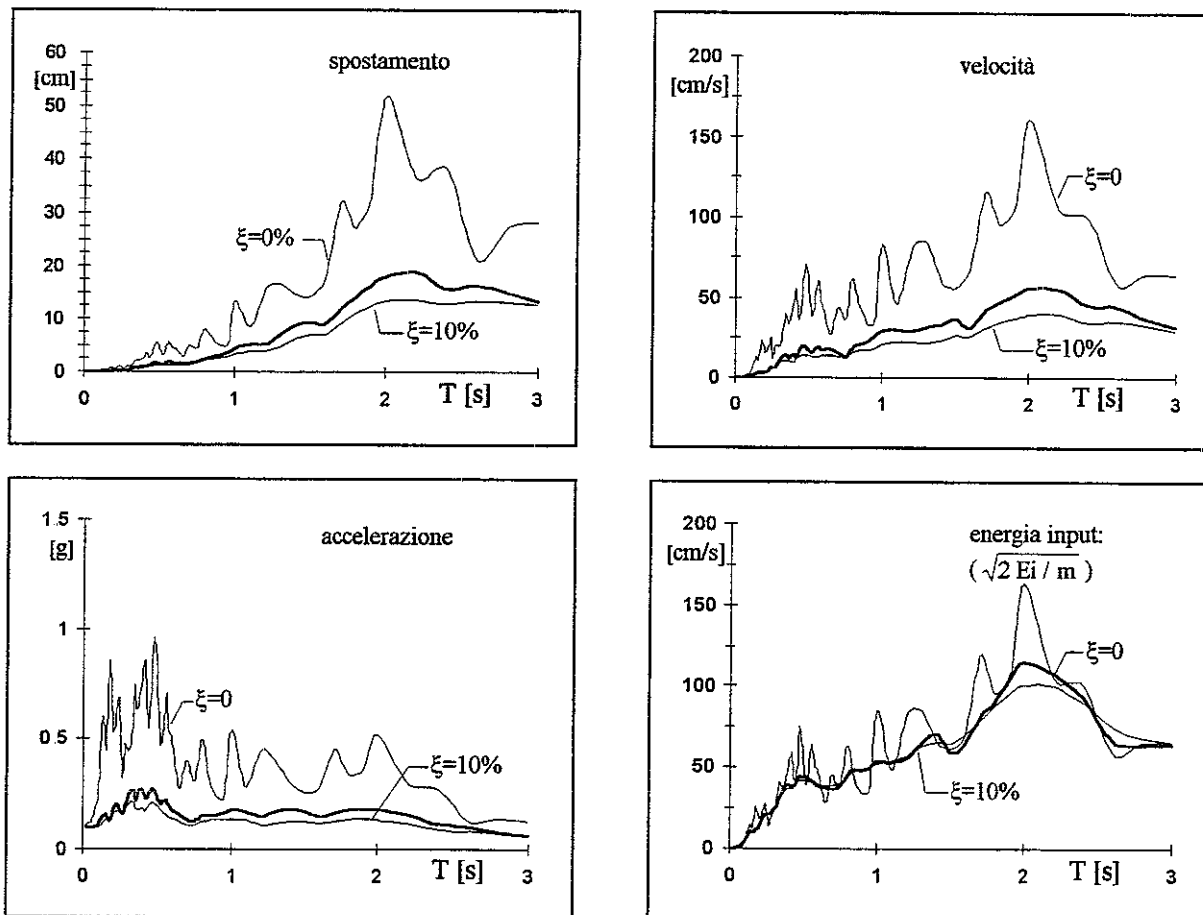
00644 TERREMOTO CAMPANO LUCANO - BISACCIA 23.11.1980

reg.	ora	durata [s]	comp	PGA [g]	t(PGA) [s]	smorz	ω [Hz]	file	n.p.	M	dist.ep. [Km]	sito
ENEA	18.34.52	76.110	N.S.	-0.0959	8.178	0.598	27.50	M200644	26189	6.5	28.1	0/601

m644 ns - accelerogramma

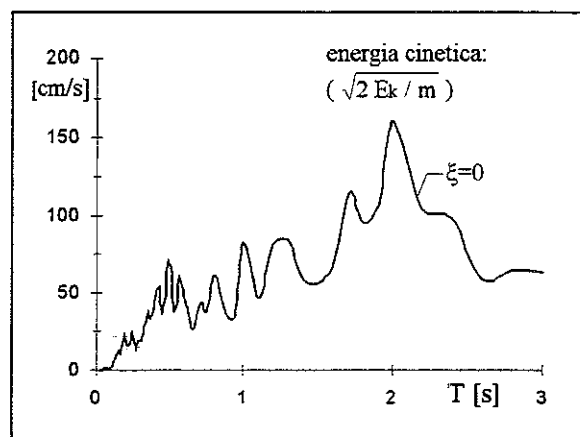
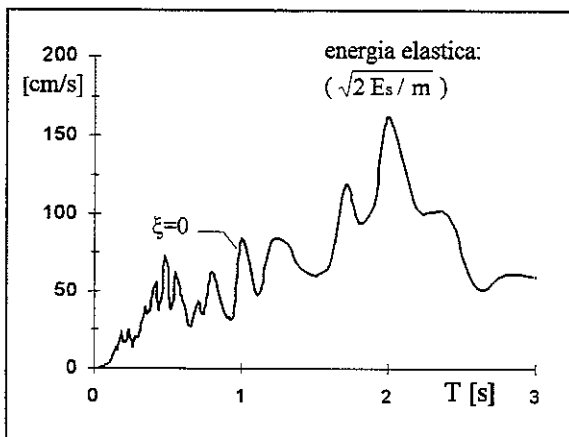
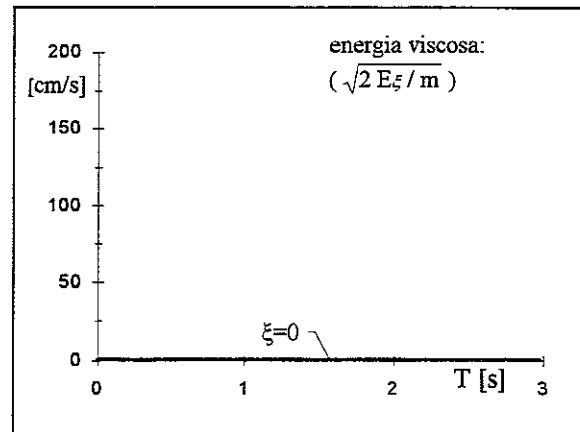
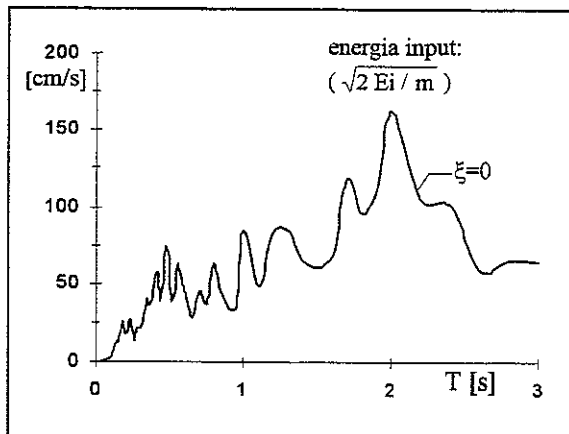


m644 ns - spettri

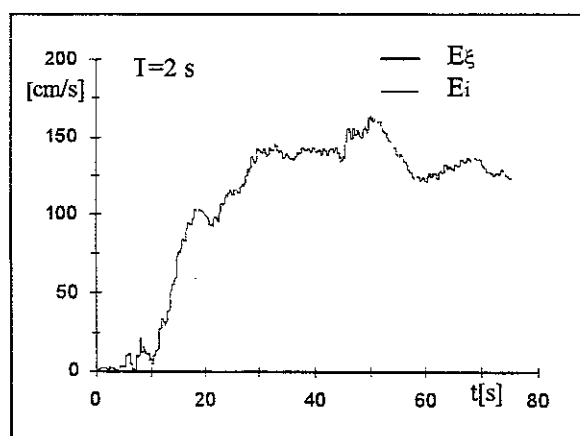
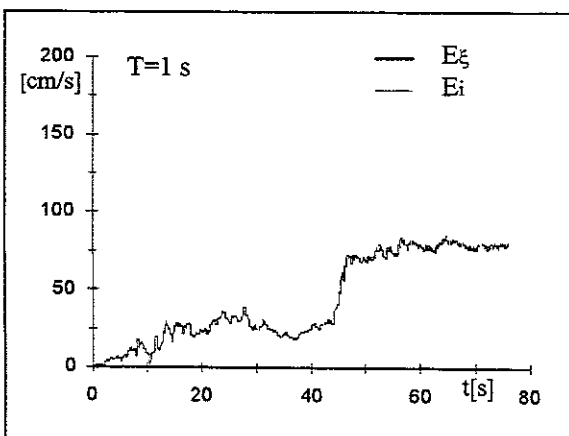
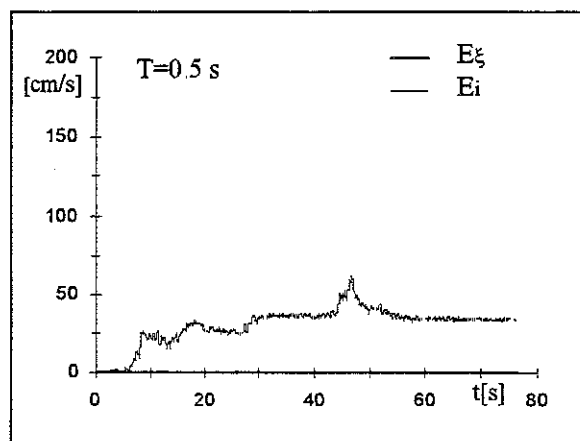
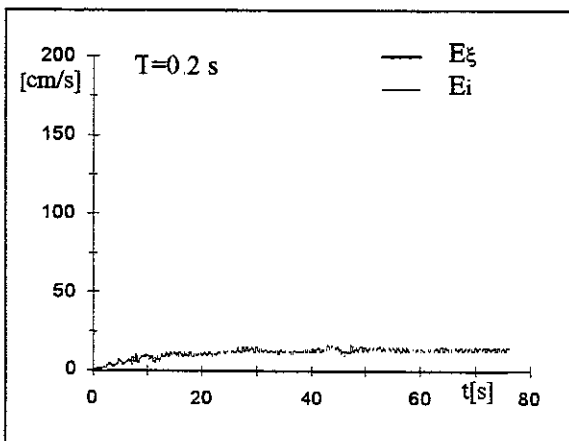


accelerazione/pga							media su intervalli ΔT ($\xi=5\%$)							energia/(pga/ ω)			
0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	0-3.0	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0
1.919	1.685	1.738	1.733	1.484	0.856	1.569	7.438	12.73	17.63	25.51	31.47	16.78	20.21				

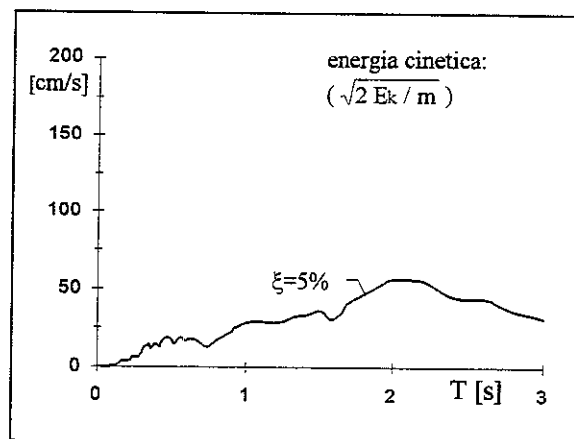
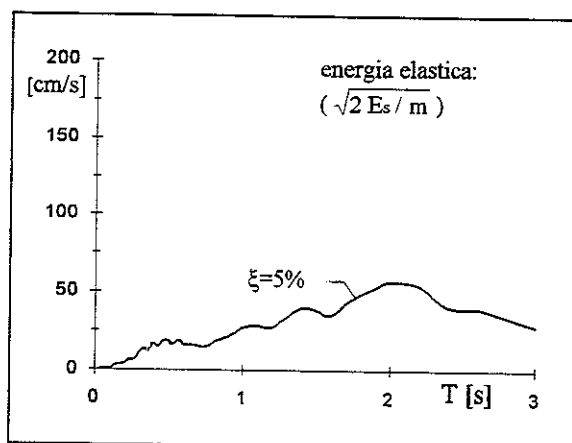
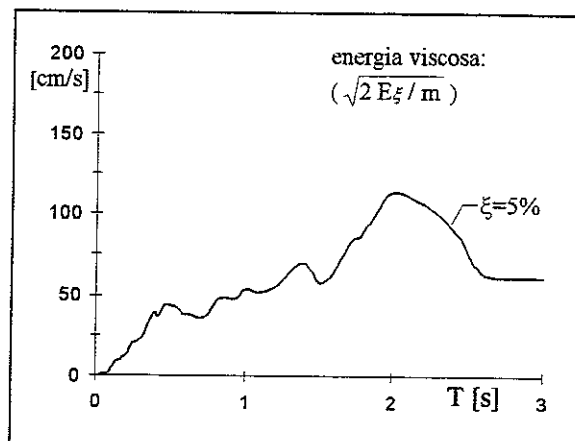
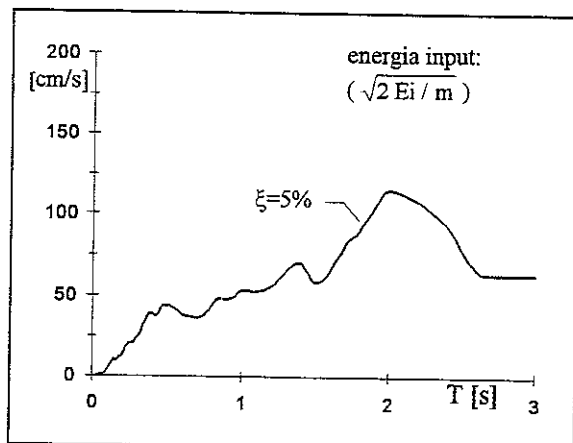
m644 ns - smorzamento 0 - energie



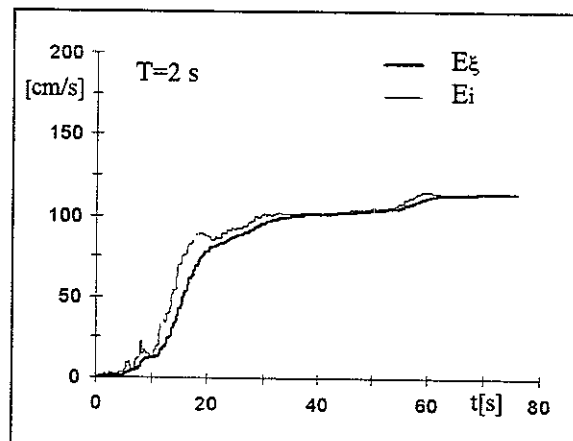
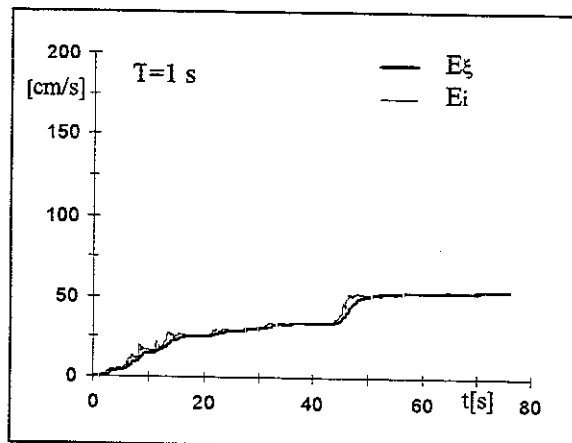
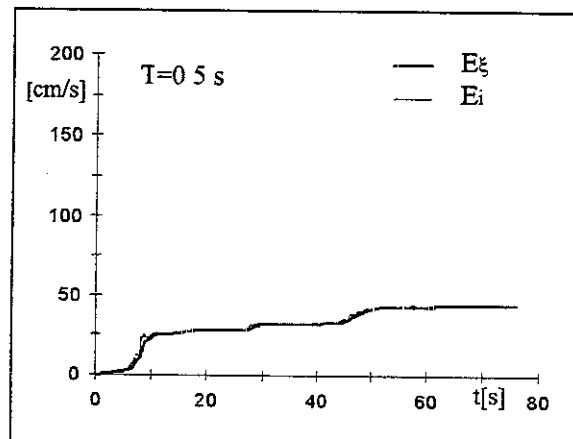
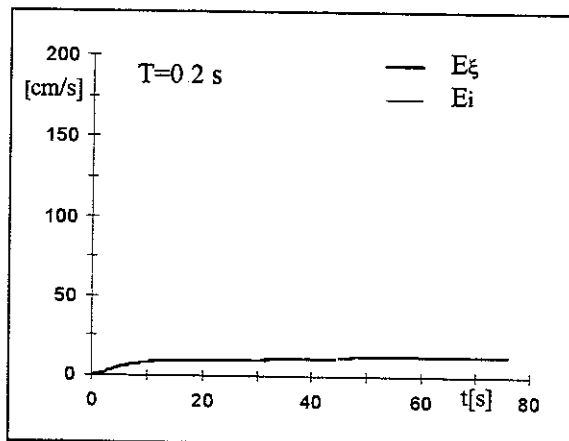
m644 ns - smorzamento 0 - storia temporale delle energie



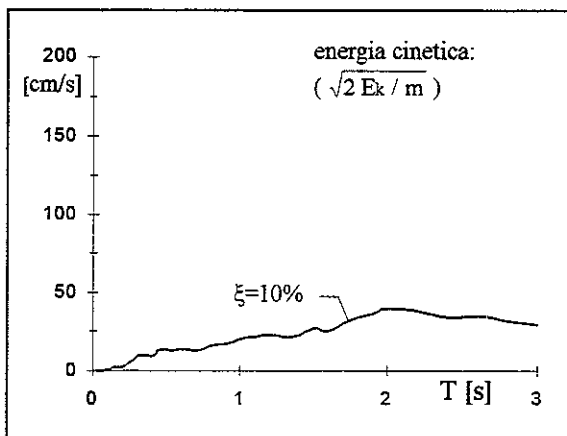
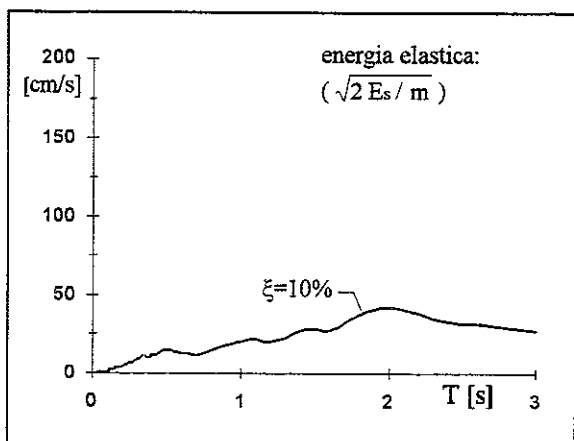
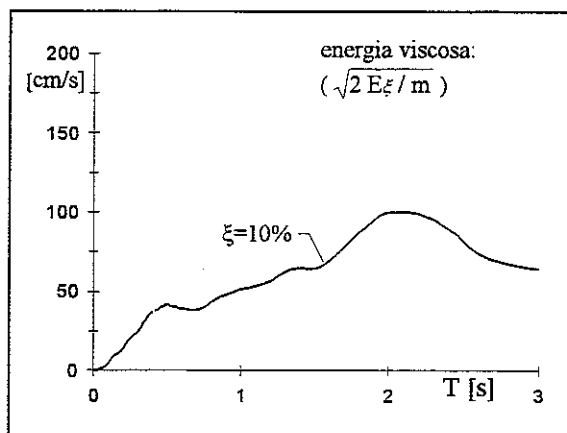
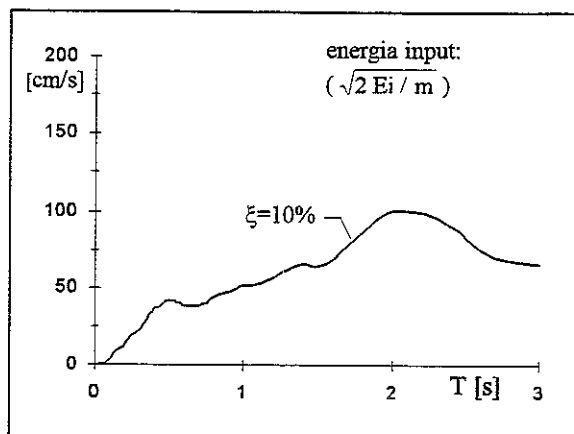
m644 ns - smorzamento 5% - energie



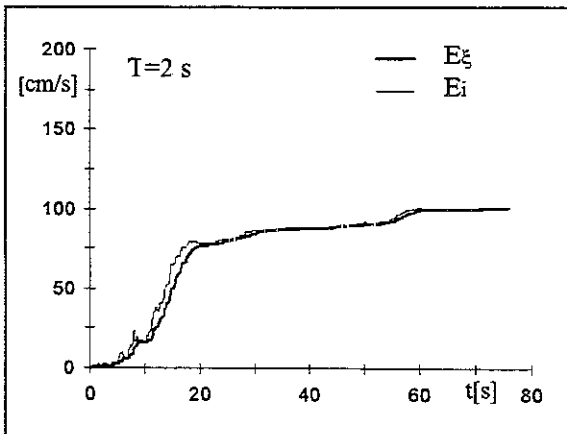
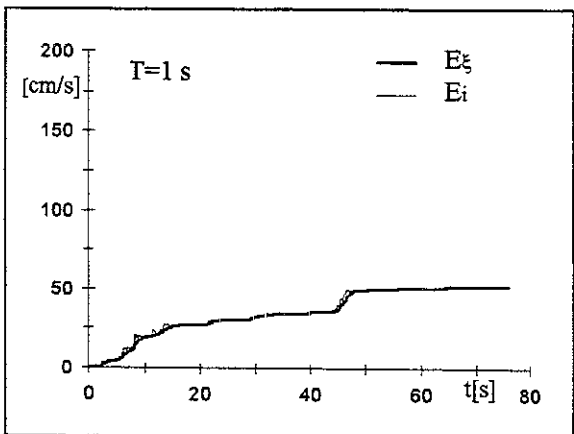
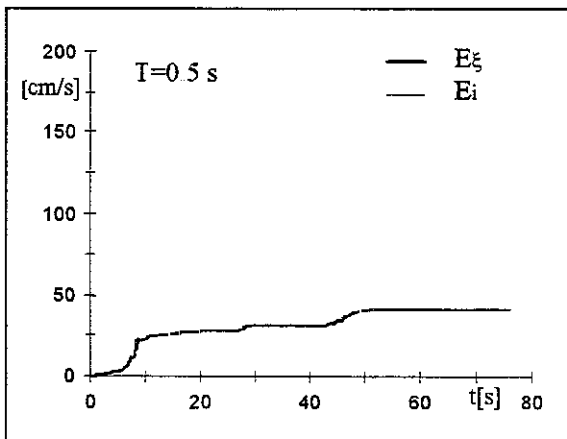
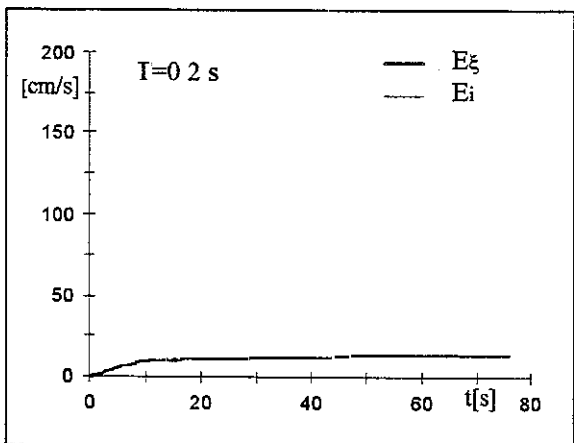
m644 ns - smorzamento 5% - storia temporale delle energie



m644 ns - smorzamento 10% - energie



m644 ns - smorzamento 10% - storia temporale delle energie



BIBLIOGRAFIA

1. G.W. Housner "Earthquake Engineering", Chapter V, "Design Spectrum", R. L. Wiegel - Prentice-Hall, 1970.
2. N. M. Newmark, W. J. Hall "A rational approach to seismic design standard for structures", Proc. V World Conference on Earthquake Engineering, Roma, 1974.
3. D. E. Hudson "Response spectrum techniques in engineering seismology", Proc. V World Conference on Earthquake Engineering, Roma, 1974.
4. H. Akiyama "Earthquake Resistant Limit-State Design for Buildings", University of Tokyo Press, 1985.
5. C. Margottini, A. Pugliese, F. Sabetta "Caratteristiche delle più importanti registrazioni accelerometriche Italiane" Commissione ENEA-ENEL per lo studio dei problemi sismici connessi con la realizzazione di impianti nucleari, 1985.
6. ENEA-ENEL "Commission for the study of seismic problems", 1985.
7. F. E. Elghadamsi, B. Mohraz "Inelastic earthquake spectra" Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. XV, 1987.
8. C. M. Uang, V.V. Bertero "Use of energy as a design criterion in earthquake-resistant design" Report no UCB/EERC-88/18 Berkeley, 1988.
9. D. Rinaldis "Data acquisition and processing in strong motion seismology: an overview" European Earthquake Engineering, 1988.
10. A. Pugliese, F. Sabetta "Stima di spettri di risposta da registrazioni di forti terremoti italiani" Ingegneria Sismica, n° 2, 1989.
11. D. Rinaldis, G. Bongiovanni "Acquisition of strong motion data" European Earthquake Engineering, 1990.
12. G. M. Calvi "Evaluation of energy spectra for seismic design of structures" International Meeting on Earthquake protection of buildings, Ancona, 1991.
13. W.S. Dunbar, R. C. Charlwood "Empirical methods for the prediction of response spectra" Earthquake Spectra, 1991.
14. Casciati, Colombi, De Canio " Problemi inerenti la consultazione della banca dati accelerometrica italiana" 5° Convegno nazionale di Ingegneria Sismica, Palermo 1991.
15. Commission of European Communities "Eurocode 8: Earthquake resistant design of structures", 1994.

Finito di stampare nel mese di giugno 1997 dalla CUEN srl - Napoli
stampato con Docutech